LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



L'HOMME CONTRE LA NATURE

La Vallée de la Mort en Californie est un exemple grandiose de l'érosion dévastatrice que la destruction inconsidérée des forêts a favorisée (Photo U.S.I.S.)

N° 3244 – Août 1955 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

SOMMAIRE

Un pont suspendu géant au Canada

La technique des ponts suspendus, si étendue dans le Nouveau Monde, des ponts de New-York à ceux de San Francisco, vient de gagner le Canada. Après le Granville street bridge à Vancouver, inauguré l'an passé, le pont Halifax-Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, vient à son tour d'être livré à la circulation. Long au total de 1 590 m, cet ouvrage comporte une travée centrale de 435 m ; il livre passage à une chaussée de 8 m de large doublée d'un trottoir de 1,50 m ; des câbles électriques et téléphoniques l'empruntent également. Les deux piles principales sont hautes de 93 m, et la chaussée, à sa plus grande hauteur, domine l'eau de 50 m. L'éclairage est fourni par des lampes à vapeur de sodium, particulièrement efficaces en cas de brouillard. Les travaux n'ont duré que trois années ; ils ont coûté plus de 10 millions de dollars canadiens, soit à peu près 3 750 millions de francs.

* * *

Un grand bâtiment préfabriqué va être construit à Mawson, pour l'Australian National Research Expedition, dans l'Antarctique. Il abritera un laboratoire de physique destiné à mesurer l'intensité des rayons cosmiques. Il a été spécialement étudié pour résister à des vents soufflant à 200 milles à l'heure, pour supporter des températures s'abaissant jusqu'à — 57° C et pour se défendre contre les effets abrasifs des tempêtes de neige. Des panneaux en pin de l'Orégon sont protégés à l'extérieur par des planches de bois dur et des tôles d'aluminium reliées par des joints plastiques en caoutchouc.

* * *

Une importante usine de cellulose destinée à la fabrication de Rayonne va s'édifier au Natal, en Union Sud-Africaine. Le capital de la société (8 milliards de F) est par parties égales britannique, sud-africain et italien. Le personnel technique sera entièrement italien. La production débutera en 1955, à raison de 40 000 t annuellement. Des plantations d'eucalyptus ont été achetées en vue de la fourniture de matières premières ; 8 km de voies ferrées et 5 km de routes ont été construits. Une centrale électrique et une installation de filtrage d'eau sont également prévues.

Accumulateurs et piles miniatures

On sait les problèmes posés par l'encombrement et le poids des piles ou accumulateurs utilisés dans les appareils électroniques portatifs : détecteurs de rayons X pour prospection, chambres d'ionisation, appareils électrostatiques de poche, appareils de télécommande, etc. La Maison Aglo, pour essayer de pallier ces inconvénients, construit par exemple des accumulateurs étanches de 28 g au cadmium-nickel, fournissant 100 mA sous 1,2 V avec une capacité de 400 mAh, ou des batteries d'éléments 1,2 V donnant 5 mA avec une capacité de 20 mAh, dont le poids unitaire n'atteint pas 3 g. Un chargeur d'un encombrement minime permet la recharge en 10 h. Il existe également des piles très haute tension de 40 mm de hauteur pour 100 V, ne pesant que 0,1 g par volt. Bien que ne pouvant pratiquement pas débiter, ces piles n'en constituent pas moins une source commode de haute tension sous un volume extrêmement réduit, avec un poids négligeable.

Résistances à couches métalliques

Les propriétés particulières des couches métalliques minces ont été mises à profit par la Société française Polywatt pour la fabrication de résistances. Il en existe toute une gamme de valeurs, adaptées aux différents usages : résistances de charge, haute fréquence ou haute tension, etc. Les qualités remarquables de dureté et de résistance à la corrosion chimique permettent de constituer d'excellentes résistances potentiométriques variables. Tous ces types de résistances présentent le bruit de fond théorique et un effet de peau pratiquement inexistant, même en très haute fréquence. Leur prix élevé en restreint l'application à l'appareillage de précision et aux usages spéciaux.

* * *

Le troupeau ovin australien, le plus important du monde, est soumis, du fait de la sécheresse, à des variations considérables. Après avoir compté longtemps entre 100 et 110 millions d'individus, le cheptel ovin australien entre dans une phase d'accroissement continu : 122 millions à la fin de 1952, 126 à la fin de 1953. Parallèlement, le troupeau néo-zélandais (7e rang mondial) passe de 35 à 36 millions de têtes. La production de laine brute est restée stationnaire en Australie (525 000 t pour la campagne 1953-1954), mais a légèrement augmenté en Nouvelle-Zélande (186 000 t contre 173 000 en 1952-1953).

* * *

Un réservoir artificiel d'une contenance de 400 000 m³ va être aménagé sur la rivière Rother, dans le Yorkshire méridional. On en attend une régularisation du régime de la rivière et une atténuation des crues dans la région de Brighton. Une nouvelle route et un pont vont être construits pour remplacer le chemin et le vieux pont actuels.

* * *

La dernière mine de cuivre en exploitation dans la République fédérale allemande va être fermée. Située à Sontra, dans l'État de Hesse, à proximité de la frontière de l'Allemagne orientale, elle produisait environ 2 000 t de métal par an, mais elle n'arrivait à subsister que grâce à des subventions.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1955

France et Union fse : **un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs**

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) : **un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs**

Belgique et Luxembourg : **un an : 325 f belges six mois : 163 f belges**

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3244 Août 1955

LA NATURE

L'Homme contre la Nature

INAUGURÉE par M. Merveilleux du Vignaux, directeur général des Eaux et Forêts, une exposition à l'enseigne de *L'Homme contre la Nature* se tient jusqu'à la fin de septembre, à la Galerie de Botanique du Muséum de Paris, rue de Buffon. Organisée avec le concours de nombreux organismes français et étrangers (Eaux et Forêts, Bureau interafricain des Sols, Gouvernement général de l'Algérie, Institut géographique, Institut des Parcs nationaux du Congo belge, *National Park Service* des États-Unis, Unesco, etc.) et à laquelle M. Roger Heim, directeur du Muséum et président de l'Union internationale pour la Protection de la Nature, a apporté tous ses soins (nul n'ignore que le sujet lui tient particulièrement à cœur), cette exposition réunit un ensemble de documents d'une terrible éloquence. Des maquettes, des cartes, des graphiques, des photographies présentées ici, on peut dire que s'élève un véritable S.O.S. planétaire. Voici ouvert, en effet, au regard du visiteur, le dossier des excès humains à l'égard de cette mince biosphère dont nous nous considérons comme les maîtres absolus et, dans le monde entier, le bilan apparaît catastrophique. L'homme a littéralement mis au pillage la surface du globe, son œuvre dévastatrice s'exerçant aux dépens de tout ce qui l'entoure...

On estime que, depuis deux mille ans, cent dix espèces de Mammifères ont disparu, et que six cents autres se trouvent actuellement en voie d'extinction. Pareille menace pèse sur maints Oiseaux; sur des Reptiles comme la célèbre Tortue des Galapagos et bien d'autres. Or, on n'a pas à s'en émouvoir du seul point de vue sentimental, d'ailleurs fort valable. Comme l'écrit M. Roger Heim (*Destruction et Protection de la Nature*, A. Colin), « la destruction volontaire d'une relique vivante, la suppression d'une Girafe africaine ou d'un Kagou de Nouvelle-Calédonie, dans la mesure où elle compromet la survivance même de telles espèces, est, sur le plan philosophique et scientifique, aussi grave peut-être que le meurtre d'un homme et aussi irréparable que la lacération d'un tableau de Raphaël. Elle tarit à tout jamais une partie de la Nature terrestre, c'est-à-dire un morceau du passé ». On ne saurait trop insister, avec l'éminent savant, sur ce fait que telle plante, que tel animal, présentent, par certaines particularités fondamentales de leur structure, par certains caractères singuliers, une signification exemplaire. Et c'est pourquoi tant de prix peut être attaché par les zoologistes, biologistes et paléontologistes, à la découverte d'un « fossile vivant » comme le Cœlacanthe.

Victimes, en outre, des changements de climat, dès les temps de la préhistoire de grands animaux étaient furieusement exterminés par les chasseurs : Mammouth, Rhinocéros à narines cloisonnées, Ours des cavernes, Cerf géant. Dans la suite des siècles, Cheval sauvage, Ours de Corse, Dinornis, Æpiornis, Dodo de l'Ile Maurice, Hippotrague bleu, Quagga, Lion du Cap, Zèbre de Burchell, Hydrodamalis, Phoque moine des Caraïbes, étaient à leur tour rayés de la liste des espèces vivantes. Aujourd'hui se trouvent sur le point de l'être également le Zèbre des montagnes du Cap, le Gnou, l'Éléphant d'Addo et l'Éléphant de Knysna, le Rhinocéros blanc (fig. 2 et 3), le Rhinocéros noir et les Rhinocéros unicornes de Java et des Indes, l'Oribi, le Bouquetin, le Fourmilier rayé, survivant des temps mésozoïques, et combien d'autres représentants d'une faune exceptionnelle, comme le surprenant Ornithorynque, qui tient du Mammifère, de l'Oiseau et du Reptile; l'Okapi, autre fossile vivant « composite »; le Koala d'Australie, cet Ours-Marsupial; le Tigre de Tasmanie, Marsupial carnivore dont les derniers individus se sont réfugiés dans leurs ultimes repaires... A inscrire encore dans ce sombre palmarès — espèces disparues ou sur le point de l'être — le Solénodon de Cuba, le Lion d'Asie, le Cerf de Birmanie, le Kouprey ou Bœuf gris cambodgien, le



Fig. 1. — *Une vue de l'exposition « L'Homme contre la Nature » dans la Galerie de Botanique du Muséum.*



Fig. 2. — A l'exposition du Muséum : un animal en voie de disparition, le Rhinocéros blanc.
(*Photo O.D.F.*).

Tapir indien, les trois espèces de Chinchillas (Chili, Bolivie, Pérou), le Bubale, magnifique Antilope autrefois abondante du Nil au Maroc et qu'on a cessé d'apercevoir dans le Grand-Atlas et les montagnes algériennes, le Condor de Californie, la Poule sauvage des prairies du Texas, l'Oie des îles Hawaï, la Grue criarde, canadienne hivernant au Texas, « le plus somptueux des Oiseaux, une des espèces les plus spectaculaires que la Nature terrestre ait produites ».

En ce qui concerne la flore, l'action destructrice de l'Homme, par le fer, par le feu, par de néfastes procédés culturaux, ne cesse de s'exercer, soit sur les groupements de végétaux, leurs stations, leurs habitats, soit sur les espèces elles-mêmes. Les coupables sont parfois les botanistes (qui n'hésitent pas, par exemple, à arracher entièrement les pieds de précieuses Orchidées, la partie souterraine étant intéressante au regard de la systématique), — plus souvent des pseudo-naturalistes, des collectionneurs dont certains, fanatiques, souhaiteraient voir disparaître telle ou telle plante rare, afin de se trouver glorieusement les seuls possesseurs d'échantillons d'une inestimable valeur... Ramasseurs de « simples », touristes, horticulteurs, sont aussi responsables de l'appauvrissement graduel de la flore. Que de méfaits imputables, encore, aux campeurs, aux troupes en manœuvres (Ne parlons pas des conséquences des guerres...). Quant à la mise en lotissement, aux ouvertures de carrières, aux établissements d'ouvrages d'art, il va sans dire qu'ils altèrent gravement les conditions écologiques locales, quand ils ne les bouleversent pas de fond en comble, comme c'est tout particulièrement le cas lors de la création de lacs artificiels, de détournement ou de capture de cours d'eau.

Il n'est pas question, évidemment, de s'opposer au développement des cités, à l'extension industrielle, non plus qu'on ne saurait empêcher le nettoyage des fossés et des berges de rivières, l'assèchement assainissant des marais, sous prétexte que ces opérations entraînent l'extinction de nombreuses plantes. Mais, en bien des cas, il est possible de limiter les dégâts, de sauvegarder des richesses naturelles, et c'est ce qu'on ne saurait trop prêcher à tant de techniciens exclusivement soucieux de résoudre les problèmes précis qui leur sont posés et qui n'ont cure des retentissements de leurs travaux dans l'ordre végétal et animal, c'est-à-dire, en définitive, dans l'ordre humain...

En perturbant à la légère l'équilibre biologique, on ne sait jamais, en effet, à quoi l'on s'expose, qu'il s'agisse, d'ailleurs, d'*introduction* aussi bien que de *suppression*.

Darwin s'aperçut, jadis, que la disparition des chats dans la campagne anglaise entraînait un désastre dans la culture du trèfle, parce que suivie de la pullulation des mulots, lesquels dévorent les bourdons, fécondateurs de la plante fourragère. Ainsi on peut dire en l'occurrence que *Chat = Trèfle*. Cette formule insolite signifie que dans l'enchevêtrement des faits de vie les effets et les causes s'enchaînent d'une façon imprévue et que tout influence tout.

Supprimez les écureuils dans une forêt, et vous raréfiez du





Fig. 3 et 4. — La nature protégée. — A gauche : *Au Parc national Albert (Congo Belge), le marais de Kiheri avec sa frange forestière et au fond le volcan Mikeno. —* A droite : *Au Parc national de la Garamba, Rhinocéros blancs dans la savane près de la rivière Garamba.*
(*Photos* J. VERSCHUREN, *Collection Institut des Parcs nationaux du Congo Belge*).



Fig. 5. — *Érosion après déboisements dans la vallée du Tennessee.*

Le sol, tour à tour craquelé par la sécheresse et raviné sur les pentes par le ruissellement, est devenu impropre à toute culture.

(*Photo Service d'Information des États-Unis*).

coup la végétation sylvestre, car ce sont d'excellents petits planteurs d'arbres, surtout de chênes, de châtaigniers et de noyers. Dans les forêts à flanc de colline, où il n'y a que peu d'écureuils, chênes et châtaigniers sont plus rares que dans les bois des plaines, où les écureuils abondent. « Écureuils et forêts ont donc lié leur sort, sans le savoir; où sont les uns, on trouve les autres » (René Bouvier).

Supprimez certaine espèce de fourmi, les *Messer*, et le thym n'apparaîtra plus dans les olivettes et les vignes abandonnées des garrigues méditerranéennes.

Quand le Lapin fut introduit en Australie, pouvait-on soupçonner qu'il y deviendrait, quelques années plus tard, un fléau national ? Pièges, poisons, battues monstres, rien n'en put venir à bout. Alors, on recourut aux furets, aux hermines, aux belettes. Mais ceux-ci s'en prirent aux oiseaux et aux petits mammifères. La collaboration demandée au renard ne fut pas plus heureuse. Récemment, on s'est adressé au virus de la myxomatose, ce qui a eu pour conséquence de susciter, chez les lapins ayant échappé à l'épidémie, des races remarquablement résistantes...

Devenus, comme le Lapin, plaie australienne, les daims sont aussi, depuis quelques années, plaie américaine, dans plusieurs États, par suite de l'extermination de fauves tels que le Puma. Sur la rive nord du Grand Canyon, dans la forêt de Kaiba, le gouvernement ayant « mené à bien » la chasse aux animaux de proie, il en est résulté une multiplication inquiétante des Cervidés, ce qui a amené une importante destruction du feuillage, entraînant une baisse de 60 pour 100 du chiffre des troupeaux, atteints par la famine.

Il faut donc élever un plaidoyer en faveur des fauves. De même, la question des Rapaces est à « reconsidérer ». On les détruit en vue de sauvegarder le gibier. Or, les Rapaces, qui recherchent la proie la plus facile, se nourrissent essentiellement de petits Rongeurs, ces grands nuisibles. Ils jouent, eux aussi, le rôle de régulateurs. Sans doute, leur malfaisance se manifeste quelquefois, mais les espèces de grande taille, les plus redoutables, exigent un large espace vital. Un couple d'aigles ou d'autours ne tolère pas la présence d'un autre couple dans un rayon étendu, ce qui diminue la malfaisance éventuelle de ces oiseaux.

Non moins instructive, l'histoire de la Mangouste, introduite en 1872 à la Jamaïque dans le dessin de détruire les rats infestant les plantations de Canne à sucre. Certes, les rats furent mis à mal, mais les mangoustes cherchèrent d'autres proies, et ce fut le tour des animaux domestiques, cochons, agneaux et chevreaux, puis des petits chats et des petits chiens, ensuite des volailles, puis de la faune sauvage, et notamment des oiseaux nichant près des demeures ou à peu de distance du sol. Ils n'y suffirent point. Les œufs des tortues, les serpents, les lézards, les grenouilles, les crabes terrestres, le Pétrel, supportèrent difficilement bientôt l'attaque féroce de l'envahisseur.

Cette destruction d'oiseaux et de reptiles insectivores, du



Fig. 6. — *Girafes dans le Parc national de la Garamba.*

(*Photo* J. Verschuren, *Institut des Parcs nationaux du Congo Belge*).

fait de la Mangouste, eut pour résultat une affluence parallèle d'insectes dont l'extension était jusque-là fort bien réglementée par les lois d'un équilibre naturel. Alors, les multiples mangoustes, ayant consommé leur garde-manger insulaire, ont commencé à péricliter. Les rats survivants sont revenus à l'assaut en découvrant dans les arbres un moyen d'y défendre beaucoup mieux leur progéniture. Un nouvel équilibre, dans lequel rats et mangoustes ont été accueillis comme membres permanents en nombre limité, s'est instauré... » (R. Heim).

Autre drame : cherche-t-on à protéger le colza contre tels insectes prédateurs — le Ceuthorrhynque (« Charançon des siliques »), la Tenthrède, mangeuse de feuilles ? On l'inonde de puissants esters phosphoriques, répandus en poudrage par avions et hélicoptères, — et voilà une hécatombe parmi les abeilles qui, raffolant elles aussi du colza, périssent empoisonnées en même temps que l'ennemi.

A noter qu'on en est arrivé à ne plus pouvoir assurer la protection des vergers que par les seuls insecticides, car, en détruisant les prédateurs, on a du même coup détruit leurs parasites. Il n'y a donc plus à compter sur ces derniers. D'où, de tous côtés, de soudains envahissements d'indésirables.

Le cas du Crocodile montre combien il faut se montrer prudent lorsque nous nous croyons en droit d'intervenir pour combattre les animaux réputés les plus féroces et indignes de toute pitié. On a pu constater que, comme l'Hippopotame, le Crocodile participe grandement à l'équilibre de la vie fluviale et lacustre, milieu biologique d'une extrême complexité, singulièrement dans les lacs de l'Est africain qui reçoivent d'assez faibles quantités d'eau de leurs tributaires. Tout être vivant y joue un rôle régulateur essentiel, et le Crocodile comme les autres, ne serait-ce qu'en apportant les matières organiques nécessaires à la formation du phytoplancton et, par conséquent, à la fertilisation des eaux. Au surplus, ces animaux, lorsqu'ils sont jeunes, réduisent le pourcentage des insectes appartenant aux espèces dont ils se nourrissent.

En Amérique du Sud, la disparition des caïmans, chassés pour leur peau, a entraîné la multiplication, dans le bassin de l'Amazone, des *Pirayas*, petits poissons redoutablement sanguinaires.

Un exemple pris dans l'ordre botanique montre encore les difficultés que l'on peut rencontrer lorsqu'on se propose de rétablir un équilibre biologique compromis pour une raison ou pour une autre. Au Sud du Chili, les ronces — plantes importées et indésirables — se sont développées outre mesure et tendent à envahir les terres cultivées. Pendant longtemps, les Chiliens ont essayé d'arrêter leurs progrès en les brûlant. C'était là une méthode *a priori* défendable... Or, elle donna des résultats tout contraires à ceux qu'on en attendait. Les Chiliens ignoraient que, dans la région Nord de leur propre pays, ces ronces barbelées surgissent précisément après les incendies de forêts, les terrains dénudés par le feu leur offrant des conditions particulièrement favorables.

Outre les massacres d'animaux et les destructions floristiques, il y a les dégradations subies par la terre nourricière, conséquence de l'exploitation effrenée des forêts, des mauvaises pratiques culturales, ce qui entraîne une érosion accrue et une désertification progressive. On a peine à imaginer aujourd'hui, que l'Espagne autrefois verdoyait de forêts. Tout le bassin méditerranéen, d'ailleurs, est frappé, et présente un affligeant spectacle. Quant à l'Afrique, tous ceux qui la survolent en avion peuvent embrasser directement du regard l'étendue des ravages, en dehors de ces espaces sahariens semblables « à d'immenses esplanades que l'Homme a vidées de leur luxuriance », comme écrit M. Heim.

Pour enlever les couches superficielles du sol sur une épaisseur de 20 cm, on estime qu'il faut à l'érosion par ruissellement 174 000 ans. Que le sol reste en jachère nue ou qu'il soit constamment cultivé en maïs, et les eaux ruisselantes accomplissent les mêmes dégâts en une quinzaine d'années seulement. En France même, il y a présentement plus de terres arables atteintes par l'érosion que de terres cultivables en blé...

A ce tableau négatif, l'exposition du Muséum oppose l'effort accompli par des hommes lucides et opiniâtres, décidés à lutter contre ce dramatique état de choses qui retentit directement sur nos propres destins d'une façon d'autant plus grave qu'en regard de la stérilisation progressive de la surface de la Terre du fait de l'érosion, la population humaine s'accroît selon une progression géométrique. Bien des peuples sont sous-alimentés. Certains souffrent tragiquement de la famine. Et le problème de la faim est un de ceux qui préoccupent le plus les gouvernements. Il est, par conséquent, devenu urgent de protéger la Nature. L'Exposition du Muséum montre comment peuvent intervenir, par une action dont il n'est pas exagéré de dire qu'il s'agit d'une œuvre de salut public à l'échelle planétaire, les agronomes, les forestiers, cependant que, d'autre part, on s'efforce, par la création de parcs nationaux, de réserves, d'offrir à la flore et à la faune menacées d'inviolables lieux d'asile. Mais ici les législateurs ont de leur côté beaucoup à faire pour que soit respectée la réglementation instituée.

FERNAND LOT.

Intéressante réserve en Israël

Le *Bulletin de l'Union internationale pour la protection de la nature* a annoncé que la Société israélienne pour la protection de la nature vient de fonder la Réserve nationale de Huleh, au nord de la Mer de Galilée : dans cette vaste étendue marécageuse, environ 400 ha ont été retenus, constituant un étonnant biotope tropical africain dans cette région méditerranéenne ; exemple unique, puisque le seul cas semblable qui pouvait être observé en Sicile a été détruit depuis longtemps. Une flore de papyrus, des oiseaux aquatiques, des canards sauvages venant de l'arctique oriental et dont cet étroit couloir fertile constitue la route principale de migration vers leurs lieux africains d'hivernage, justifient à eux seuls l'intérêt accordé à cette région. De plus, les conditions se prêtent admirablement à une étude écologique qui mettrait en évidence les variations auxquelles un tel milieu, aménagé par l'homme, a pu conduire.

Le problème de la mise en réserve des terres, à ce propos, est bien moins difficile à résoudre que celui du maintien des conditions d'humidité du marais, car il s'agit, en général en Israël, de conserver soigneusement les maigres ressources en eau, plutôt que d'acquérir du terrain qui se trouve encore relativement en abondance.

Oiseaux en voie de sauvetage

Selon une information de l'U. I. P. N., l'oie des îles Hawaii, ou Nene (*Nesochen sandvicensis*), semble avoir des chances de survivre, grâce aux essais d'élevage en captivité entrepris, d'une part, par Peter Scott, en Angleterre, au Severn Wildfowl Trust, où l'on peut compter maintenant seize individus, et d'autre part, aux Hawaii même, à Pohakuloa, sur le flanc de la montagne où, le printemps dernier, quatre poussins ont éclos, portant ainsi le nombre de ces oiseaux à quatorze. Il en existerait encore trente à quarante à l'état sauvage.

La grue criarde nord-américaine pourrait, elle aussi peut-être, remonter le courant. M. Jean Delacour, président du Comité international pour la protection des Oiseaux, s'est récemment rendu au Zoo Audubon, à New-Orleans, pour examiner un couple de ces échassiers captifs qu'il a trouvés en excellent état. M. Delacour recommande surtout qu'une végétation aquatique assez dense soit plantée autour de l'étang qu'ils habitent, afin de les encourager à nicher. Si ce précédent pouvait être créé, et que les oiseaux s'installent dans leur nid, il est fort probable que l'espoir de les voir se reproduire ne doive pas être abandonné. La femelle en question a 20 ans, mais des espèces de grues semblables se reproduisent en captivité jusqu'à l'âge de 40 ou 50 ans.

Le bombardier à aile en croissant

Le problème des formes en plan des ailes pour les avions à hautes performances a déjà donné lieu à de nombreuses solutions, et l'une d'elles, l'aile delta, a été examinée ici-même [1]. Cependant, aucune forme en plan ne peut convenir à la fois pour toutes les applications et l'aile delta, qui semble s'imposer pour un intercepteur supersonique, ne représente plus l'optimum pour un bombardier dont la qualité maîtresse n'est plus la vitesse, mais le rayon d'action et la charge utile. Aussi, certains constructeurs anglais, en particulier Handley-Page, ont-ils étudié une nouvelle configuration de voilure qui réalise un compromis entre l'aile en flèche et l'aile delta : l'aile en croissant.

Cette forme d'aile présente la particularité d'avoir une flèche décroissante de l'emplanture à l'extrémité (fig. 1).

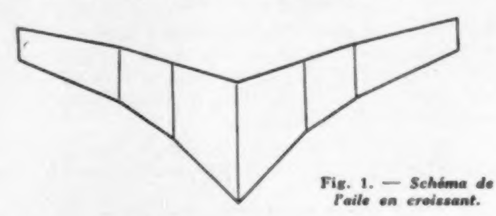


Fig. 1. — *Schéma de l'aile en croissant.*

Nous avons déjà vu, à propos de l'aile delta, que le recul du nombre de Mach critique, c'est-à-dire celui pour lequel apparaît une brutale augmentation de traînée, s'obtenait par une diminution de l'épaisseur relative associée à une augmentation de la flèche. Sur toutes les ailes dessinées jusqu'ici, ces deux paramètres demeuraient constants le long de l'envergure, de telle sorte que le nombre de Mach critique restait lui-même constant. Les aérodynamiciens de Handley-Page ont préféré, pour aboutir à ce résultat, diminuer parallèlement la flèche et l'épaisseur relative de l'emplanture à l'extrémité ; cela conduit à avoir, à l'emplanture, dans la partie à forte flèche une épaisseur de profil importante, qui permet le logement des moteurs, et éventuellement du train d'atterrissage.

D'autre part, les résultats obtenus sur des avions à forte flèche ont montré que cette configuration présentait certains inconvénients : une flèche trop accentuée aux extrémités modifie les répartitions de pression sur l'aile, de telle sorte que la perte de portance se produit aux bouts d'aile avant de se manifester au centre, entraînant, du fait de la position du centre de gravité, un moment cabreur très prononcé. Cette perte de portance, qui a lieu lorsque la vitesse est trop basse ou l'incidence de l'avion trop grande, est appelée « décrochage ». L'instabilité qui accompagne le décrochage quand il se produit d'abord en bouts d'aile le rend plus dangereux.

Enfin, cette formule permet de choisir un allongement suffisamment grand pour que les performances de vitesse et de rayon d'action soient bonnes. En effet, le facteur qui intervient avec le plus d'acuité dans la détermination du rayon d'action est la *traînée induite*, c'est-à-dire la traînée liée directement à la portance de l'aile, et qui est de la forme : $1/2 . \rho S V^2 C_z^2 / \pi \lambda$, donc proportionnelle au carré du coefficient de portance C_z et à l'inverse de l'allongement. On voit donc tout l'intérêt qu'il y a à avoir un faible coefficient de portance ou un grand allongement. C'est uniquement dans la valeur de l'allongement que réside la supériorité en rayon d'action de l'aile en croissant sur l'aile delta.

Au point de vue de la déformation de la structure, l'aile en croissant présente une meilleure rigidité que l'aile en flèche, sans toutefois atteindre celle de l'aile delta. La Société Handley-Page décida d'appliquer ces idées au programme de bombardiers moyens établi en Angleterre ; les performances demandées à ces appareils correspondaient assez bien aux qualités de l'aile en croissant. C'est ainsi que fut réalisé le H. P. 80 « Victor » (fig. 2). Équipé de quatre turboréacteurs Armstrong-Siddeley « Sapphire », de 3 800 kg de poussée, son aile présente une décroissance de flèche en trois temps : 50° dans la partie voisine de l'emplanture, 42° pour le tronçon central, 30° à l'extrémité.



Fig. 2. — *Le bombardier britannique « Victor » à aile en croissant.*
(Photo aimablement communiquée par la Société Handley Page).

Les hypersustentateurs consistent en becs de bord d'attaque placés à l'extrémité de l'aile, et en volets de bord de fuite sur les deux tronçons internes. L'empennage horizontal est également en croissant, mais avec un seul changement de flèche. Il est situé tout en haut de la dérive, ce qui lui évite de se trouver dans le courant d'air perturbé par l'aile.

Le « Victor » se trouve ainsi en concurrence avec le Vickers « Valiant » à aile en flèche et avec l'Avro « Vulcan » à aile delta. Ses performances sont encore gardées secrètes, mais le fait qu'il soit actuellement construit en absolue priorité pour la Royal Air Force semble indiquer qu'il est supérieur aux deux autres.

J. Spincourt.

1. *La Nature*, décembre 1954, p. 470.

Un important réseau souterrain en Hongrie

En cherchant de nouvelles ressources en eau pour alimenter les villes de Miskolc et de Diosgyör (nord-est de la Hongrie) les ingénieurs hongrois chargés de cette mission ont été amenés à étudier les pertes d'une rivière qui disparaît sous terre près du village de Repashuta. En utilisant les techniques classiques de coloration des eaux souterraines, ils purent repérer une résurgence à 11 km de là aux environs de Kacs, sur les pentes des monts du Bükk.

Afin d'entreprendre l'exploration du cours souterrain de la rivière, on la détourna avant l'entrée du gouffre où elle se perdait. A 60 m de l'entrée les spéléologues ont découvert une chute haute de 14 m, et, 140 m plus bas toute une série de chutes totalisant plus de 60 m de dénivellation. Plus bas encore s'étend un dédale de cavernes, magnifiques, paraît-il. Il semble que les chutes souterraines découvertes comptent parmi les plus imposantes d'Europe. L'exploration se poursuit ; dès maintenant, il apparaît que ce système souterrain est plus vaste que les huit que l'on connaissait déjà dans les monts du Bükk.

LES INTERFÉRENCES LUMINEUSES

I. LAMES MINCES

Les interférences lumineuses ne sont plus seulement un sujet d'étude pour le physicien, elles fournissent à diverses techniques des méthodes d'observation et de contrôle d'une extrême sensibilité. Au cours des Journées d'Études organisées en mai dernier par le professeur P. Fleury à l'Institut d'Optique de Paris, en vue de favoriser des échanges d'informations et des discussions entre spécialistes, M. Jean Terrien, sous-directeur du Bureau international des Poids et Mesures, a montré en particulier comment ce Bureau a utilisé, depuis 70 ans, les interférences lumineuses pour des mesures de la plus haute précision. Nos lecteurs trouveront ci-dessous le premier d'une série de trois articles dans lesquels M. Terrien exposera ce que sont ces interférences, comment on les produit, et il en donnera quelques applications typiques.

*

La découverte des interférences de la lumière peut être attribuée à Isaac Newton (1642-1727), qui a établi en 1671, par des expériences systématiques, que la lumière blanche est un mélange de radiations simples colorées appelées aujourd'hui monochromatiques et, en 1675, que ces radiations ont des propriétés ondulatoires et qu'elles sont caractérisées par une longueur d'onde, propriétés mises en évidence par les interférences connues sous le nom d'anneaux de Newton. De ces découvertes fondamentales dérivent la plupart de nos connaissances sur la nature de la lumière.

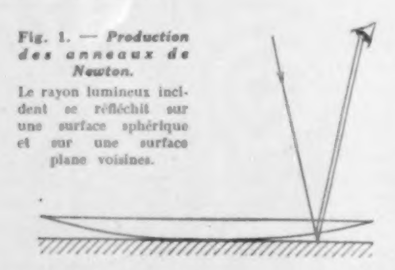


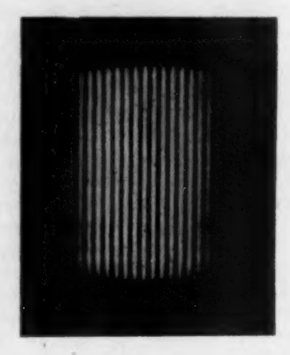
Fig. 1. — *Production des anneaux de Newton.*
Le rayon lumineux incident se réfléchit sur une surface sphérique et sur une surface plane voisines.

Les interférences se produisent lorsque deux mouvements ondulatoires se superposent et s'ajoutent en un même point, que ces mouvements soient mécaniques, acoustiques, ou lumineux. Dans le cas de la lumière, qui est une vibration électromagnétique, ce mot de mouvement désigne d'une façon imagée les variations d'un vecteur qui représente la grandeur d'un champ électrique; ce n'est plus à proprement parler le déplacement d'un petit objet matériel comme le pensait Newton, la théorie électromagnétique de Maxwell étant inconnue à son époque. Un point étant soumis à un mouvement vibratoire, il effectue une oscillation complète pendant une durée qui s'appelle la période T; en une seconde, il effectue ν oscillations complètes : la quantité $\nu = 1/T$ est la fréquence. Si l'on impose simultanément à ce même point deux vibrations de même période (donc de même fréquence), le mouvement résultant est encore une vibration de même période, mais il dépend de deux facteurs : l'amplitude des vibrations composantes, et la différence de phase de ces composantes. Si la différence de phase est zéro, les vibrations composantes sont parallèles et simultanées, leur addition donne une amplitude résultante double, et l'énergie de la vibration résultante, qui en est le carré, est quatre fois l'énergie d'une seule vibration. Si au contraire les vibrations composantes sont en opposition de phase, leurs mouvements se contrarient, l'amplitude résultante est la différence des amplitudes composantes; supposons qu'elles sont égales, leur différence est nulle, et la superposition de deux vibrations a pour résultat le repos; l'énergie de la vibration résultante est nulle.

Toutes les théories des interférences, même les plus complexes, ne font que développer en langage mathématique les quelques phrases qui précèdent.

Deux cas simples d'interférences lumineuses. — Avant de commenter cette ébauche de théorie des interférences, montrons comment ce phénomène s'observe dans les faits, en décrivant deux expériences classiques, la production des anneaux de Newton et des franges de Young.

Éclairons une lentille posée sur un plan de verre. La lumière se réfléchit partiellement sur les deux surfaces voisines, l'une sphérique, l'autre plane (fig. 1). L'œil de l'observateur reçoit donc, de chaque région des surfaces, deux rayons réfléchis qui ont suivi des trajets de longueurs différentes. La différence de marche de ces rayons est deux fois l'intervalle entre les surfaces; elle est nulle à leur point de contact, et elle garde une valeur constante sur chacun des cercles centrés au point de contact. Les vibrations lumineuses qui se propagent le long de ces rayons ont une différence de phase qui varie comme la différence de marche. La différence de phase des vibrations lumineuses composantes reste donc la même sur des cercles concentriques. On voit se dessiner sur les surfaces des anneaux lumineux, où les deux vibrations réfléchies sont en concordance, séparés par des anneaux sombres, où les vibrations sont en opposition de phase. Ce sont les anneaux de Newton, produits dans la lame mince d'air comprise entre deux surfaces réfléchissantes, l'une sphérique, l'autre plane.



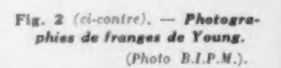
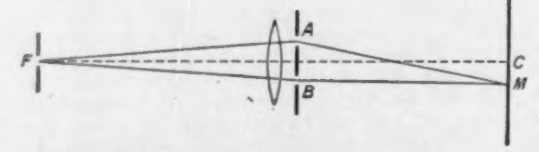


Fig. 2 *(ci-contre).* — ***Photographies de franges de Young.*** *(Photo B.I.P.M.).*

Fig. 3 *(ci-dessous).* — ***Schéma de la production des franges de Young.***



Pour produire les franges de Young (fig. 2), on forme sur un écran blanc une image réelle d'une fente lumineuse F, au moyen d'une lentille couverte d'un masque opaque percé de deux fentes parallèles A et B (fig. 3). Un rayon lumineux passe par chacune de ces fentes, et ces deux rayons se rejoignent sur chaque point éclairé M de l'écran. La région éclairée est plus grande que le contour de l'image géométrique, parce que la

présence de fentes étroites contre la lentille étale la lumière par diffraction. Le point éclairé C est à égale distance de A et de B, les vibrations transportées le long des deux rayons sont en concordance de phase, et le point C est 4 fois plus éclairé qu'il ne le serait par une seule des fentes. En un autre point M, la différence de marche MA-MB provoque une différence de phase entre les deux vibrations qui s'y superposent, et l'éclairement qui résulte de leur interférence est alternativement celui de C ou nul, selon la grandeur de la différence de phase.

Cette différence de phase est nulle, non seulement lorsque la différence de marche entre les deux rayons est nulle, leurs trajets étant égaux, mais aussi lorsque cette différence de marche est un nombre entier de longueurs d'ondes. On sait que la longueur d'onde λ d'une radiation monochromatique est le chemin parcouru par cette radiation pendant la durée d'une période de sa vibration : au point de départ de ce chemin parcouru commence une deuxième vibration lorsque la première vibration est arrivée à une distance d'une longueur d'onde; autrement dit, la phase de la vibration est identique, sur un rayon lumineux suivi par une radiation monochromatique, en tous les points séparés par des intervalles de 1, 2, 3... n longueurs d'onde, n étant un nombre entier. Entre des points distants de $\lambda/2$, ou de $n\lambda + \lambda/2$, les vibrations sont au contraire en opposition de phase.

Sur les anneaux de Newton comme sur les franges de Young, lorsqu'on passe d'un anneau ou d'une frange au suivant, la différence de marche entre les deux rayons augmente ou diminue d'une longueur d'onde. On conçoit que l'on puisse ainsi mesurer cette longueur d'onde, comme l'a fait Newton; on trouve, en lumière visible, selon la couleur, une longueur de 0,4 à 0,7 μ (millième de millimètre).

Interférences et théories de la lumière. — On a prétendu que Newton était le défenseur de la théorie de l'émission, selon laquelle les corps lumineux lancent dans l'espace des particules qui se propagent en ligne droite. Newton a bien adopté cette hypothèse, car elle explique fort bien la propagation rectiligne de la lumière, mais il a compris aussi que les interférences imposent que la lumière soit douée de propriétés ondulatoires.

La théorie actuelle présente, elle aussi, le double aspect ondulatoire et corpusculaire. L'aspect ondulatoire, rendu évident par le phénomène des interférences, a pris depuis Maxwell la signification d'un champ électromagnétique, ce qui a permis d'expliquer toutes les particularités de la diffraction, inconnue de Newton, dans laquelle la propagation rectiligne n'est qu'une approximation inadmissible lorsque la lumière passe près d'un obstacle ou à travers une petite ouverture.

L'aspect corpusculaire postulé par Newton a été abandonné momentanément lorsque la découverte de la diffraction a détruit le dogme de la propagation rigoureusement rectiligne, mais il a dû être réintroduit pour expliquer les interactions entre la lumière et la matière. Les théories de Planck, d'Einstein, de Compton, etc., seules compatibles avec l'expérience, n'admettent d'échanges d'énergie entre la matière et le rayonnement que par quantités discontinues appelées *quanta*. La lumière étant créée par petites quantités discontinues dont l'énergie est celle d'un de ces quanta, on a imaginé que cette énergie était concentrée en grains appelés *photons*. Mais c'est là une image trompeuse, car elle conduit à des absurdités si l'on cherche à l'utiliser pour se représenter les interférences ou la diffraction; son seul mérite est de rappeler le caractère discontinu des échanges d'énergie entre matière et rayonnement, dans l'émission ou l'absorption de la lumière par exemple. C'est pourquoi, dans ce qui suit, l'aspect ondulatoire seul interviendra pour la description et l'explication des interférences, qui n'ont rien à voir avec les interactions matière-lumière.

Lames minces. — Les lames minces transparentes, comme la paroi de bulles de savon, sont limitées par deux surfaces partiellement réfléchissantes qui chacune renvoie une partie de la lumière qui l'éclaire; les deux rayons réfléchis atteignent la rétine avec une différence de marche qui dépend de l'indice de réfraction et de l'épaisseur de la lame, et ils interfèrent. Les bulles de savon, lorsqu'elles ont une paroi très mince, les couches d'huile sur un sol mouillé, sont des exemples familiers de lames minces, mais il est exceptionnel qu'elles soient éclairées en lumière monochromatique. Parmi les multiples radiations dont la lumière blanche est un mélange, celles dont la longueur d'onde λ est telle que la différence de marche soit $n\lambda + \lambda/2$ sont supprimées de la lumière réfléchie car les deux rayons sont en opposition de phase. Examinée au spectroscope, la lumière réfléchie montre un spectre d'où sont absentes ces radiations; un tel spectre, où se succèdent des bandes lumineuses et des bandes sombres, est un spectre cannelé, qui peut servir à mesurer l'épaisseur de lames d'épaisseur inférieure à quelques centièmes de millimètre.

Si l'épaisseur de la lame est inférieure à 1 μ, les bandes spectrales qui manquent dans la lumière réfléchie sont larges et peu nombreuses; le changement de composition de la lumière est alors rendu évident par sa couleur, et c'est ainsi que s'expliquent les irisations des bulles de savon et des taches d'huile.

Couches antireflets. — On dépose industriellement des couches minces de fluorure de magnésium sur les pièces d'optique en verre pour atténuer les réflexions parasites qui voilent les images et en altèrent les contrastes. L'épaisseur de ces couches est ajustée de façon que les radiations les plus lumineuses de la lumière visible, de longueur d'onde 0,5 à 0,55 μ, soient diminuées dans la lumière réfléchie, grâce à

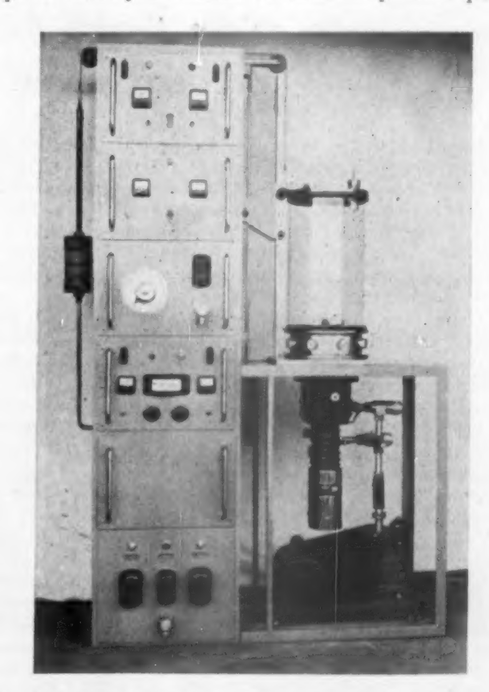


Fig. 4. — Appareil pour déposer, par évaporation dans le vide de la cloche cylindrique visible à droite, des couches minces sur des objets de verre.

(Photo Société d'Études et d'Applications Vide-Optique-Mécanique).

l'interférence du rayon réfléchi à l'entrée sur la surface de fluorure, avec le rayon réfléchi au passage du fluorure au verre. Malheureusement, la première réflexion est plus intense que la seconde, parce que l'indice de réfraction du fluorure de magnésium, intermédiaire entre celui de l'air et celui du verre, est un peu trop élevé : on n'a pas trouvé de substance plus avantageuse. L'efficacité de ce traitement des surfaces optiques n'est donc pas parfaite, mais elle améliore nettement les instruments à lentilles nombreuses, tels que les objectifs de microscope, les périscopes, les endoscopes, et même les objectifs d'appareil photographique. Les surfaces traitées réfléchissent un peu de bleu, et aussi un peu de rouge, ce qui leur donne une couleur bleue ou pourpre.

D'autres traitements des surfaces optiques, ayant pour but de les recouvrir de couches minces transparentes, servent à améliorer le facteur de réflexion de miroirs métalliques, ou à augmenter les réflexions sur le verre; c'est ainsi que l'oxyde de titane décuple presque la partie de la lumière réfléchie sur une lame de verre.

Calibres d'opticien. — Les calibres d'opticien sont des surfaces sphériques de verre dont le rayon de courbure a été mesuré au laboratoire. Lorsqu'un opticien taille la surface d'une lentille en vue d'obtenir une forme sphérique de rayon imposé, il se munit d'un calibre de même rayon mais de courbure opposée, concave par exemple si la lentille doit être convexe, et il s'en sert pour contrôler le progrès de son travail, par l'observation des interférences entre ce calibre et la surface en cours de préparation. Ces deux surfaces sont appliquées l'une contre l'autre, après nettoyage, afin d'emprisonner une lame d'air aussi mince que possible. La couleur de la lumière réfléchie résulte des interférences et renseigne sur les inégalités de l'épaisseur de la couche d'air, inégalités qui traduisent les défauts de la surface opposée au calibre, même s'ils ne sont qu'une petite fraction de micron. Ce contrôle, répété quotidiennement dans les ateliers d'optique, n'est qu'une généralisation de l'expérience des anneaux de Newton. Il est un exemple de la mesure d'une petite épaisseur par une méthode interférentielle. Nous verrons dans les deux articles suivants que des méthodes analogues sont applicables à la mesure de longueurs plus grandes, et nous exposerons dans quelles conditions les interférences sont possibles à grande différence de marche.

(à suivre). JEAN TERRIEN.

La formation microbiologique du soufre
telle qu'elle s'opère dans les lacs de Cyrénaïque
est envisagée industriellement

En faisant apparaître un peu prématurément le spectre de la pénurie du soufre, la crise qui s'est fait sentir entre 1950 et 1952 a eu un effet salutaire : celui de développer d'une part la récupération de cet élément présent à l'état d'hydrogène sulfuré dans les gaz naturels et les gaz de raffinerie, d'autre part, comme matière première de l'acide sulfurique, l'utilisation du sulfate de calcium dont les gisements à l'état de gypse ou d'anhydrite sont très abondants.

C'est ainsi que la Grande-Bretagne, qui par ailleurs a été amenée à substituer, dans un grand nombre de ses usines d'acide sulfurique, les pyrites au soufre américain comme source d'anhydride sulfureux, a augmenté considérablement la fabrication de cet acide au départ du sulfate de calcium (*La Nature*, mars 1955, p. 164) selon le procédé décrit précédemment (*La Nature*, avril 1952, p. 127).

Comme on l'indiquait alors ce procédé présente certains inconvénients : celui de nécessiter de gros investissements et celui de lier la fabrication de l'acide sulfurique à celle du ciment, alors que de telles liaisons sont apparues souvent très gênantes. Or, environ 20 pour 100 de l'acide sulfurique produit dans le monde étant transformés en sulfate d'ammonium, on a un autre moyen d'utiliser le sulfate de calcium, comme matière première de l'acide sulfurique : appliquer un procédé, mis au point en Allemagne pendant la première guerre mondiale et consistant à faire agir sur ce sel de l'anhydride carbonique et de l'ammoniac pour produire du sulfate d'ammonium; une telle fabrication se monte d'autant plus naturellement à côté d'un atelier d'ammoniac synthétique que celui-ci dispose généralement d'une installation de conversion de gaz à l'eau fournissant comme sous-produit de l'anhydride carbonique.

On conçoit donc qu'une telle fabrication se développe afin d'économiser soufre natif ou pyrites, et aux usines existant déjà en France (Toulouse), en Allemagne (Leuna), en Grande-Bretagne (Billingham et Prudhoe), en Belgique (Rieme, Selzaete), viennent s'ajouter depuis quelques années deux grandes usines aux Indes à Travancore et à Sindri. Cette dernière, dont la construction a commencé en 1946, peut produire 1 000 t de sulfate d'ammonium par jour.

On s'est également demandé s'il ne serait pas possible de mettre à profit les transformations microbiologiques dont sont l'objet les sulfates pour obtenir à partir de ceux-ci soit du soufre, soit de l'hydrogène sulfuré, et par suite de l'acide sulfurique. On connaît en effet le cycle du soufre dans la nature (fig. 1) de même que les diverses bactéries qui permettent les réactions correspondantes (fig. 2) et c'est à des transformations de cet ordre que l'on attribue le dégagement d'hydrogène sul-

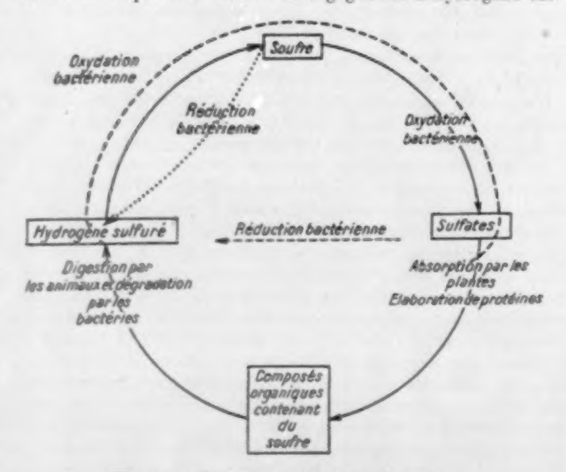


Fig. 1. — *Cycle du soufre dans la nature.*

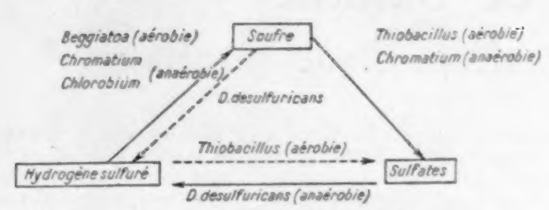


Fig. 2. — *Cycle bactérien du soufre.*

furé des eaux stagnantes, la coloration de la Mer Noire, l'apparition de mers de sang ou d'autres phénomènes analogues, la formation des dépôts de carbonates dans certains lacs sibériens, de même que la formation des importants dépôts de soufre d'origine non volcanique de Sicile, de Louisiane et du Texas.

Le Chemical Research Laboratory de Teddington (Grande-Bretagne) se préoccupait déjà de la possibilité de l'utilisation de cette transformation microbiologique des sulfates quand s'est présentée en 1950 pour deux de ses chercheurs, les docteurs Butlin et Postgate, l'occasion d'aller étudier sur place les lacs de Cyrénaïque, qui produisent sous nos yeux des quantités non négligeables de soufre.

De ces lacs, situés à environ 20 km au sud-ouest d'El Agheila, les indigènes extraient en effet annuellement 200 t d'un produit à 50 pour 100 de soufre, 20 pour 100 de chlorure de sodium et 12 pour 100 de silice.

L'un de ces lacs (Ain-ez-Zauia) est alimenté par une source à 30-32° et il est recouvert par endroits d'une masse gélatineuse, dont l'épaisseur peut atteindre 1 cm, rouge en surface, mais parfois verte ou noire dans la masse, et dans laquelle on a caractérisé du soufre et des bactéries oxydantes, capables de photosynthèse, des genres *Chromatium* et *Chlorobium*. L'eau du lac, dont le *p*H est de 7,4, contient environ 2,5 pour 100 de sels (1,0 pour 100 de ClNa et 0,26 pour 100 de SO_4Ca, donc saturée en ce sel), 15 à 20 mg d'hydrogène sulfuré par litre en surface et 108 mg de ce même gaz par litre au fond.

Le soufre colloïdal en suspension dans l'eau donne à celle-ci une couleur bleue laiteuse et un dépôt de soufre divisé, de 15 cm d'épaisseur au minimum, recouvre le fond du lac.

Les observations faites par ces savants ainsi que les essais de laboratoire effectués ultérieurement permettent de supposer que le soufre résulte de l'action combinée de bactéries réductrices (du type *D. desulfuricans*) et de bactéries oxydantes (*Chlorobium*) qui vivraient en symbiose. Ces dernières bactéries, susceptibles de fixer l'anhydride carbonique de l'air, élaboreraient ainsi la matière organique nécessaire aux bactéries réductrices des sulfates et que les sources apporteraient en quantité insuffisante.

Ces constatations viennent confirmer l'hypothèse de la formation microbiologique des dépôts de soufre d'origine sédimentaire. Elles peuvent présenter un intérêt pratique important si les études entreprises afin de vérifier l'explication avancée plus haut permettent de développer une production de soufre comparable dans d'autres lacs du globe situés également dans des régions ensoleillées.

Il convient de souligner d'autre part qu'on peut également envisager la formation d'hydrogène sulfuré par réduction microbiologique des sulfates, étant donné que des essais de laboratoire ont permis de préciser les conditions dans lesquelles on pouvait conduire cette réduction à l'aide de *D. desulfuricans*, en opérant soit en présence d'hydrogène, soit en présence de produits organiques tels que : lactates, pyruvates, malates, etc.

Considérée sous l'angle industriel, cette transformation exigerait des sulfates, qui ainsi que nous l'avons signalé ne font pas défaut, un produit réducteur (hydrogène ou l'un des sels organiques mentionnés plus haut) et un aliment pour les bactéries. Les mélasses ou les résidus de brasserie dont on dispose dans certaines régions pourraient constituer cet aliment. Il semblerait préférable de songer aux eaux d'égout, qui seraient capables de constituer un milieu convenable à la réduction des sulfates.

Il est possible qu'un tel procédé ne soit économiquement réalisable que si l'on est à même de le jumeler avec la production simultanée de méthane, par digestion anaérobie des boues d'égouts, en opérant dans des conditions où cette digestion n'est pas inhibée par la présence de sulfure. Des essais de fermentations combinées ont donné déjà des résultats satisfaisants.

H. G.

Le « ballon respirant » économise les hydrocarbures légers des réservoirs de stockage

Lorsqu'un réservoir est partiellement empli d'un liquide volatil, tel, par exemple, que d'essence d'avion, il donne lieu à des pertes par échappement dans l'atmosphère de la phase vapeur (air + vapeur saturante du liquide) sous l'effet de l'élévation de la température ambiante. Ces pertes dites « par respiration », s'apparentent, tout en s'en distinguant, aux « pertes par évaporation » qui, elles, correspondent au cas plus général de l'échappement dans l'atmosphère des vapeurs d'un liquide, *quelle que soit la cause de son évaporation*.

Les pertes par respiration, qui s'ajoutent aux pertes inhérentes aux remplissages, peuvent prendre des proportions considérables, aussi s'est-on toujours efforcé de les réduire, notamment en peignant l'extérieur des réservoirs en blanc ou à la poudre d'aluminium, de façon à réfléchir le plus possible les rayons calorifiques de la lumière solaire.

On a pu constater, en effet, expérimentalement, que les peintures blanches et les peintures à l'aluminium pouvaient réduire les pertes par respiration d'environ 40 pour 100 et 25 pour 100 respectivement. Il n'empêche qu'un réservoir de 24 m de diamètre, de 6 m hors sol, peint à l'aluminium aussi bien sur le toit que sur son corps cylindrique, accuse encore une perte annuelle par respiration de près de 150 000 l, pour une tension de vapeur de 0,350 kg/cm².

Pour diminuer les pertes en question, et, du même coup, les pertes aux remplissages, on a préconisé, expérimenté et même adopté certaines solutions — qui, bien entendu, n'excluent pas l'application extérieure de peintures réfléchissantes — telles que : réservoirs à volume variable par toit flottant ou déformable, ou par cloche ; réservoirs à pression élevée ; dispositifs permettant de collecter les vapeurs du ou de plusieurs réservoirs, puis de les condenser pour les récupérer entièrement, etc.

Dans le dernier ordre d'idées on a, récemment, imaginé de relier le réservoir à un ballon qui, suivant la pression de la phase gazeuse, se gonfle — plus ou moins — ou se dégonfle, respire en quelque sorte, d'où la qualification de « ballon respirant » que les inventeurs (ingénieurs au Bureau d'Études Coteci), lui ont appliquée. On est ainsi parvenu à supprimer complètement les pertes par respiration tout en réduisant d'environ 20 pour 100 celles qui surviennent aux remplissages.

Cette solution ingénieuse semble se recommander pour les installations de stockage existantes car elle n'entraîne pas une dépense importante. Il suffit d'un hangar de dimensions appropriées au ballon, lui-même approprié aux dimensions du réservoir. L'enveloppe est suspendue à un câble, qui passant sur deux poulies, l'une en tête, l'autre de renvoi, se termine par un contrepoids ; ce dernier n'a d'autre objet que d'empêcher l'enveloppe de s'affaler sur le sol et de centrer le ballon dans le hangar dès qu'il est tant soi peu gonflé.

Il faut, bien entendu, que le ballon soit confectionné en un tissu pouvant supporter une pression au moins égale à celle du réservoir métallique auquel il est relié ; le meilleur, à cet égard, paraît être le nylon à mailles serrées. Il faut aussi, au point bas de la canalisation reliant le haut du réservoir à l'orifice du ballon, prévoir un réservoir de recette et, par conséquent, de récupération des vapeurs condensées.

R. B.

Le système de Saturne

et quelques problèmes d'astrophysique planétaire

Saturne est certainement l'astre le plus remarquable et le plus étrange qu'il nous soit donné de contempler. Son aspect, même dans une petite lunette, est inoubliable. En plus de cet intérêt d'ordre esthétique, le système de Saturne pose un grand nombre de problèmes astrophysiques que nous nous proposons de passer en revue. A cause de ses remarquables particularités (l'anneau principalement), il est à la base de toute théorie cosmogonique, qui se doit de les expliquer. Saturne nous fournira surtout un prétexte pour exposer un certain nombre de méthodes d'investigation optique des planètes, car les résultats qu'elles permettent d'obtenir constituent l'essentiel de nos connaissances sur la physique planétaire.

La planète Saturne est de dimensions comparables à celles de Jupiter, mais comme elle gravite environ deux fois plus loin du Soleil, elle nous apparaît comme un disque dont le diamètre apparent est de 14",9 à 20",6 seulement. Son observation est donc plus difficile. Elle est animée d'un mouvement de rotation très rapide (un tour en un peu plus de 10 h), ce qui explique son aplatissement prononcé (1/11) sous l'effet de la force centrifuge. Sa densité (0,71) est la plus faible du système solaire, ce qui implique une constitution physique remarquable, présentant d'ailleurs beaucoup d'analogies avec celle de Jupiter.

En plus de son anneau, ou plutôt de ses anneaux, Saturne possède 9 satellites tout à fait intéressants (et probablement d'autres non encore découverts). Seul Jupiter est mieux pourvu, avec ses 12 lunes. Le tableau I donne les éléments de Saturne et de ses satellites.

Anciennes observations. — Saturne était connu des Hébreux, des Chaldéens et des Arabes. Son nom sanscrit était *Sanaistchara* : « qui se meut lentement ». Astrologiquement, l'astre avait une influence mauvaise et était associé aux plus grandes douleurs. Son nom grec, Kronos, avait aussi une signification néfaste. Son symbole en alchimie médiévale était le plomb, métal on ne peut plus mal choisi étant donné la faible densité de la planète !

Toutes ces fantaisies n'excluaient pas des observations plus sérieuses. Le mouvement apparent de la planète a été parfaitement étudié par les Chaldéens, et Platon signale déjà (République, X, 14) sa couleur jaune. C'est toutefois à Galilée qu'est revenu l'honneur de constater l'aspect particulier de la planète, mais le pouvoir séparateur de son instrument était trop modeste pour lui permettre de distinguer la nature de cette particularité. Il annonça sa découverte à Képler en 1610, sous forme d'un anagramme de la phrase : *altissimam planetam tergeminam observavi*, c'est-à-dire : j'ai observé que la plus lointaine planète est triple. La plus grande prudence, en effet, était de rigueur à l'époque, Galilée lui-même s'en aperçut ! A son dessin (fig. 1), il joint le récit de sa découverte : « Quand avec une lunette j'examine Saturne grossi plus de 30 fois, il m'apparaît triple. Au milieu, se trouve le plus gros astre; les deux autres sont placés l'un à l'ouest, l'autre à l'est, sur une ligne, et semblent toucher l'astre central ». Les astronomes furent alors plongés dans la perplexité, non seulement par l'aspect de ce curieux objet, mais surtout par les variations périodiques de l'éclat des « deux petits astres ».

Huyghens reprit les observations en 1657 avec un instrument plus puissant et finit par trouver une explication (fig. 2) : « Elle (la planète) est entourée d'un anneau léger, n'adhérant à l'astre en aucun point, et incliné sur l'écliptique ». C'est le mouvement de la planète autour du soleil qui est la cause des changements périodiques d'aspect, donc d'éclat global, de l'anneau. Vers la même époque, Huyghens découvrait Titan, le plus gros des satellites. Cassini apercevait ultérieurement la division de l'anneau qui porte son nom, des bandes sur la planète, et aussi l'ombre portée par celle-ci sur l'anneau, ombre qui est absolument noire, ce qui montre que le globe n'est pas lumineux par lui-même (fig. 3). En 1805, Herschell nous donne enfin, grâce au télescope de sa construction, l'aspect classique de Saturne, avec son aplatissement dont il n'a peut-être pas très bien vu l'aspect réel, mais dont la valeur (1/11) qu'il a mesurée est encore adoptée aujourd'hui (fig. 4).

En 1850, Bond découvrait, à l'intérieur des deux premiers, le 3e anneau, appelé souvent anneau de crêpe, car il est peu lumineux et à demi transparent.

Enfin, récemment, on doit à Kuiper et à Lyot nombre d'excellentes observations qui ont conduit à des découvertes fonda-

Tableau I

Éléments de Saturne et de ses satellites

La masse de la Terre est de $5{,}976.10^{27}$ g, celle de la Lune est 81,62 fois plus petite. D'après une mesure récente de A. Dollfus, Titan aurait un diamètre de 4 950 km.

Nom	Découverte	Distance moyenne en km	Période sidérale	Inclinaison	Excentricité de l'orbite	Magnitude apparente	Diamètre en km	Masse
Saturne		*au Soleil :* $1\,427{,}7.10^{6}$ *(Terre : $149{,}68.10^{6}$)*	29,457 ans	*sur l'Ecliptique :* 2°29'29"	0,05582	— 0,18 à + 1,34	115 100 *(Terre : 12 742)*	*par rapport à la Terre :* 95,3
		à Saturne :		*sur l'orbite de Saturne :*				*par rapport à la Lune :*
7 : Mimas	Herschell 1789	$185{,}7.10^{3}$	22 h 37 m	27°	0,0201	12,1	450 ?	$5{,}16.10^{-4}$
6 : Encelade	—	238.10^{3}	1 j 8 h	27°	0,044	11,6	500 ?	$1{,}17.10^{-3}$
5 : Téthys	Cassini 1684	295.10^{3}	1 j 21 h	27°	0,0000	10,5	1 100 ?	$8{,}8.10^{-3}$
4 : Dione	— —	378.10^{3}	2 j 17 h	27°	0,0022	10,7	1 100 ?	0,014
2 : Rhéa	— 1672	528.10^{3}	4 j 12 h	27°	0,0010	10,0	1 600 ?	0,03
1 : Titan	Huyghens 1655	$1\,223.10^{3}$	15 j 22 h	26°	0,0289	8,3	4 200	1,92
8 : Hypérion	Bond 1848	$1\,484.10^{3}$	21 j 6 h	26°	0,1043	13,0	400 ?	$< 6.10^{-4}$
3 : Japet	Cassini 1671	$3\,563.10^{3}$	79 j 7 h	16°	0,0283	11	1 300 ?	19.10^{-3}
9 : Phœbé	Pickering 1898	$12\,950.10^{3}$	550 j	175°	0,166	14,5	300 ?	?

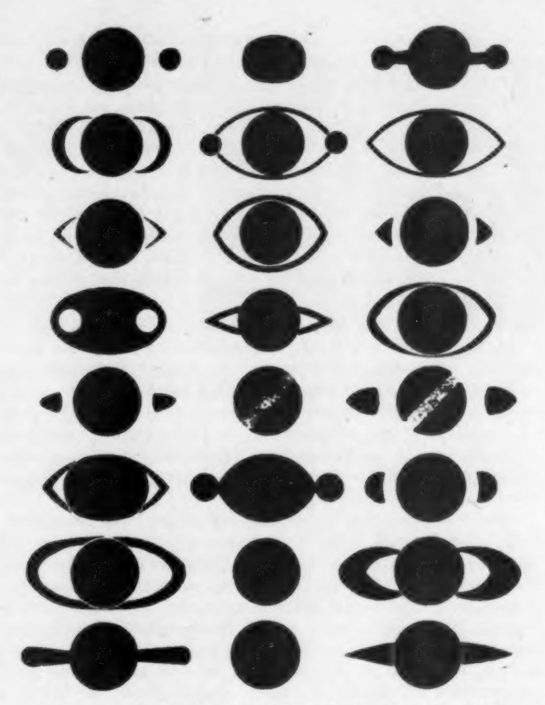


Fig. 1. — *Observations de Saturne, de Galilée à Huyghens.*
Ces 24 schémas sont inspirés de M. Beima (*De annulo Saturni*, Lugdunum Batavarum, 1842) et de D. Shappley (Pre-Huygenian Observations of Saturn's Ring, *Isis*, 1949, p. 12). Les deux premières observations de la ligne supérieure sont de Galilée (1610, 1612), celles de la ligne inférieure sont de Huyghens (1655, 1656). Les observations intermédiaires sont dues à divers astronomes dont Ch. Scheiner, F. Fontana, P. Gassendi, G. B. Riccioli, F. M. Grimaldi, D. Bartoli, J. Hevelius. Tandis que certains de ces schémas s'interprètent aisément par l'existence de l'anneau, d'autres s'écartent beaucoup plus de la réalité (Figure et commentaire empruntés à René Taton, *Causalités et accidents de la découverte scientifique*, Masson, Paris, 1955).

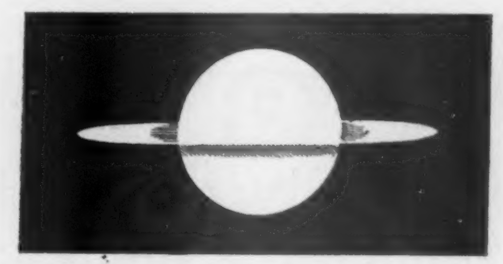


Fig. 2. — *Dessin de Saturne par Huyghens, en 1657.*
On voit le progrès accompli par Huyghens depuis les dessins précédents

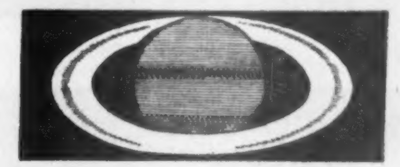


Fig. 3. — *Saturne vu par Cassini.*
(*Les Planètes et leur origine*, par Ch. André, Gauthier-Villars, Paris, 1909)

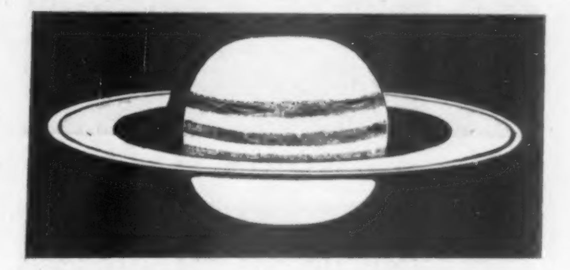


Fig. 4. — *Saturne vu par Herschell, en 1805.*
(*L'Astronomie*, janvier 1930).

mentales. Lyot, grâce à l'admirable instrument transformé et maintes fois retouché par ses mains extraordinairement habiles (lunette de 60 cm du Pic du Midi), nous a donné les plus beaux dessins de la planète (fig. 12). Il a même réussi, avec M. Camichel, à en donner les meilleures photos connues jusqu'à ce jour (fig. 5 à 8), malgré l'ouverture relativement petite de son instrument, grâce à la méthode des positifs composites, obtenus en tirant plusieurs négatifs sur la même plaque, ce qui atténue la granulation et donne des demi-tons plus délicats. Dans un article paru après sa mort (*L'Astronomie*, janvier 1953) il explique les difficultés des observations planétaires, principalement la turbulence atmosphérique, heureusement exceptionnellement réduite au Pic du Midi. La photographie est bien plus délicate que l'observation visuelle : pendant la durée de la pose (de l'ordre de 20 s), le vent, même très faible, fait osciller la lunette avec une amplitude qui dépasse souvent 0",3. Cela n'est nullement gênant pour l'observation visuelle, mais donne un flou inévitable aux clichés. Outre des mesures de diamètre de la planète, des satellites et des anneaux, Lyot a effectué des mesures de polarisation région par région, et en diverses radiations, grâce au polarimètre de son invention, sensible au millième de lumière polarisée, afin d'étudier la constitution physique de l'atmosphère.

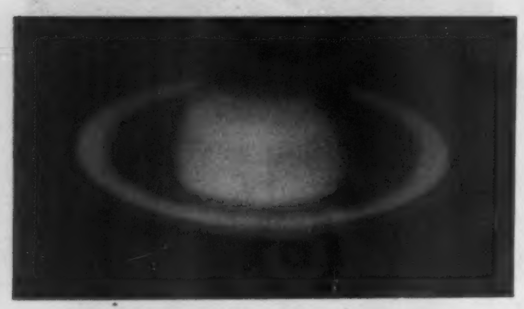
L'atmosphère de Saturne. — D'autres moyens d'investigation de la structure des planètes, plus exactement de leur atmosphère, sont à notre disposition : ce sont des observations visuelles qualitatives et quantitatives, et surtout l'étude des spectres de la lumière solaire réfléchie.

La présence d'une atmosphère sur Saturne apparaît au simple examen visuel : en effet, comme sur Jupiter dont la constitution est analogue, on observe un assombrissement des bords. Ce phénomène est dû à la diffusion par une atmosphère : sur les bords, la lumière provenant du soleil et diffusée par les basses couches doit traverser une plus grande épaisseur d'atmosphère qu'au centre avant de nous parvenir, car elle n'arrive pas normalement; aussi est-elle plus absorbée ou diffusée. Cela ne se produit pas pour des astres dénués d'atmosphère, qui paraissent uniformément brillants (la Lune par exemple). Cet assombrissement est bien visible sur les photographies (fig. 5 à 8).

On observe également, comme sur Jupiter encore, des modifications de l'apparence de la surface, qui résultent d'une intense turbulence de l'atmosphère. La période de rotation de la planète est plus petite à l'équateur (10 h 14 mn) qu'à 57° de latitude (11 h 14 mn). Cette différence s'explique par des vents analogues aux vents alizés terrestres et qui entraînent les nuages dont nous allons parler.

Les mesures d'*albedo* conduisent déjà à des résultats plus précis. L'albedo est le rapport de la quantité de lumière renvoyée par le corps sphérique dans toutes les directions à la quantité de lumière solaire incidente. Comme on ne peut pas déterminer simultanément pour toutes les directions la quan-

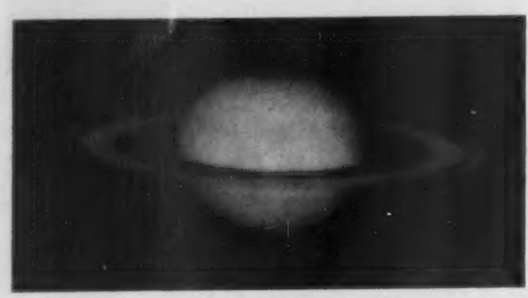
Fig. 5 à 8. — Photographies de Saturne par Bernard Lyot, montrant différents aspects de la planète.



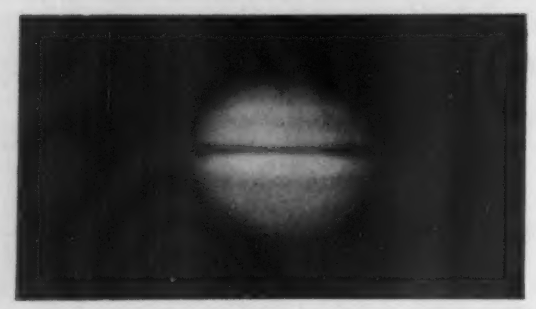
Le 11 février 1946.



Le 6 mars 1948



Le 16 avril 1949.



Le 15 avril 1951 ; dans cette figure, l'anneau est vu presque par la tranche (N'ayant pas plus de 20 km d'épaisseur, l'anneau est absolument invisible quand on est exactement dans son plan) (*L'Astronomie*, janvier 1953 ; *documents aimablement communiqués par la Société Astronomique de France*)

tité de lumière renvoyée, il faut calculer l'albedo à partir des observations de la luminosité selon l'angle de phase, c'est-à-dire l'angle que font les droites qui joignent respectivement Saturne à la Terre et au Soleil. L'angle de phase ne dépassant pas 6°, sa détermination est difficile et l'erreur grande. L'albedo de Saturne, voisin de celui de Jupiter, d'Uranus et de Neptune, est de 0,42 (0,50 d'après Kuiper) c'est-à-dire que 58 pour 100 de la lumière incidente sont absorbés par la planète. Cette valeur est voisine de celle que donnent des nuages, qui renvoient bien mieux la lumière que des roches (albedo de la Lune = 0,07), mais moins bien que la glace (0,8). C'est ainsi que la présence de nuages dans l'atmosphère de Saturne est démontrée.

Quant à la courbe de polarisation le long de l'équateur de la planète, tracée par Lyot, elle présente une curieuse dissymétrie systématique : la lumière renvoyée est moins polarisée au bord est (2,4 pour 1 000) qu'au bord ouest (3,2 pour 1 000), ce qui semble prouver une influence sensible du Soleil, qu'on ne s'explique guère. Remarquons en passant que le problème de la polarisation est indissociable du problème de la diffusion, la lumière diffusée par les gaz étant toujours partiellement polarisée.

Plus utile encore à la détermination de l'état de l'atmosphère est la mesure de sa température, c'est-à-dire de son rayonnement infrarouge. Ainsi que l'expliquent très clairement G. Bruhat et E. Schatzmann dans leur ouvrage fondamental [1] auquel nous avons fait maints emprunts, il existe plusieurs moyens, en théorie, pour étudier la température d'un corps céleste. On peut, à l'aide d'un spectrographe à infrarouge, enregistrer le spectre de la planète et en déduire directement la température d'émission. En effet, d'après la loi de Wien, la longueur d'onde qui correspond au maximum de rayonnement est inversement proportionnelle à la température absolue de la source ; en déterminant ce maximum, ce qui présente de grosses difficultés pratiques, on pourrait connaître la température.

On préfère en pratique séparer, à l'aide de filtres convenablement choisis (eau, quartz, fluorine, sel gemme, etc.), deux domaines de longueur d'onde (par exemple 8 μ — 12,5 μ et 12,5 μ — 18 μ) dont on détermine, grâce à un thermocouple, les intensités relatives. Leur rapport permet d'obtenir la température. Pour faire la mesure, on place le couple (bismuth-argent) derrière le filtre, au foyer d'un gros télescope qui vise la planète. L'interprétation des mesures est délicate : d'une part il faut les corriger de l'absorption infrarouge des molécules CO_2 et H_2O de l'atmosphère terrestre, et d'autre part ce qu'on mesure est la température d'un corps noir de même forme et de mêmes dimensions que la planète. Or celle-ci est loin de se comporter comme un corps noir : elle reçoit l'énergie solaire sur sa surface apparente πR^2, et la rayonne ensuite sur toute sa surface $4\pi R^2$. De plus toute l'énergie reçue n'est pas réémise. Toutes corrections faites, on trouve dans le cas de Saturne une température d'environ 120° absolus (— 153° C), ce qui correspond à une longueur d'onde maximum de 24 μ. On croyait jadis que Saturne et Jupiter (135° absolus) étaient des mondes brûlants !

L'interprétation du spectre de la planète se heurte à des difficultés analogues, car il faut éliminer l'influence de l'absorption par l'atmosphère terrestre, qui fut d'abord la cause de nombreuses erreurs. Le spectre de la planète se présente comme le spectre solaire, mais il comporte en plus de nombreuses raies d'absorption, souvent si serrées qu'elles semblent former des bandes (bandes d'absorption) quand la dispersion du spectrographe est insuffisante. Ces bandes sont dues à l'absorption par les *molécules*. On a ainsi découvert du méthane (CH_4) et de l'ammoniac (NH_3) dans l'atmosphère des grosses planètes (Wildt, 1931). Pour une identification précise, Kuiper a employé

1. *Les Planètes*, par Georges Bruhat et Evry Schatzmann. Presses Universitaires de France, Paris, 1952.

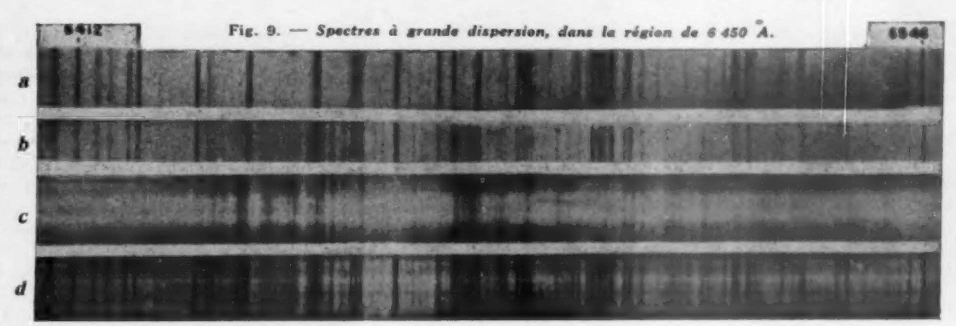


Fig. 9. — Spectres à grande dispersion, dans la région de 6 450 Å.

a, spectre du Soleil. ***b***, spectre de Jupiter, analogue à celui de Saturne. ***c***, spectre d'une lampe, plus 40 m d'ammoniac sous 1 atm. ***d***, spectre du Soleil, plus 40 m d'ammoniac sous 1 atm. L'identité de ce dernier spectre est absolue, dans la région étudiée, avec celui de Jupiter (donc de Saturne), à l'intensité près (D'après Th. Dunham Jr.).

un spectrographe très dispersif (12 Å/mm) monté sur le télescope de 2,50 m du Mont Wilson, et il a comparé directement le spectre des grosses planètes à celui d'une lampe, pris à travers un tube de 40 m plein d'ammoniac sous 1 atmosphère, puis à celui du Soleil dans les mêmes conditions. La figure 9 donne, dans le cas de Jupiter, tout à fait analogue à celui de Saturne, des fragments de ces spectres dans la région de 6 450 Å ; la présence d'ammoniac sur la planète y est évidente.

Kuiper a fait ainsi des mesures de la quantité de divers gaz décelés dans le spectre de la planète, par comparaison avec celui des mêmes gaz enfermés dans un long tube. Il rapporte les résultats (tableau II), à l'épaisseur de gaz sous la pression atmosphérique à 0° C. La composition de l'atmosphère de Saturne est proche de celle de Jupiter (15 000 cm de CH_4, 700 cm de NH_3). L'absorption de la lumière visible par ces gaz suffit à expliquer la couleur des deux planètes.

Tableau II

Constituants de l'atmosphère de Saturne, d'après Kuiper

La quantité de chaque gaz est donnée par la hauteur qu'il occuperait sur la planète, étant ramené aux conditions normales. La quantité d'ozone O_3 a été obtenue par comparaison avec différentes quantités d'air, où l'on en trouve un peu.

Gaz	Hauteur réduite en cm	Bande utilisée en μ	Pression de comparaison en cm de mercure
CH_4	35 000	0,6-0,9	74
NH_3	$<$ 250	0,645	33
O_3	$<$ 0,1	0,30	Atmosphère (air)
SO_2	$<$ 0,01	0,30	8

Toutefois l'importance manifeste de l'atmosphère de Saturne conduit à penser qu'elle n'est pas formée seulement de ces deux gaz (et les mesures de polarisation décèlent une atmosphère quantitativement beaucoup plus dense). On admet habituellement, avec Kuiper, qu'ils sont dilués dans un ou plusieurs autres gaz non décelables dans le spectre, sans doute un mélange d'hydrogène et de gaz rares (hélium surtout).

On a pu effectivement déceler l'hydrogène dans Uranus et Neptune (Dr Herzberg), mais non dans Jupiter et Saturne. Les nuages de la basse atmosphère sont certainement formés d'ammoniac cristallisé, donc la pression partielle de l'ammoniac gazeux est la pression de saturation à ce niveau, si l'équilibre est réalisé. Si on supposait qu'il n'y ait que NH_3 et CH_4, avec une température à ce niveau de 120° K (température radiométrique mesurée), la pression de saturation serait seulement de 0,00056 mm de mercure, ce qui correspondrait à une hauteur équivalente d'ammoniac égale à 0,8 cm. Or les mesures de Kuiper nous montrent que cette épaisseur est d'environ 2 m, ce qui correspond (toujours en supposant qu'il n'y a pas d'hydrogène ni de gaz rares) à une pression de 0,14 mm. La température d'équilibre serait alors notablement plus élevée (170° K). Si, avec Kuiper, nous admettons que l'ammoniac est dilué dans des gaz inertes, une pression partielle plus faible, de 0,0165 mm de mercure, est suffisante pour expliquer la quantité d'ammoniac observée : en effet, pour une même pression partielle au niveau de la couche de nuages, le nombre de molécules d'ammoniac situées au-dessus est plus grand si l'ammoniac est supposé dilué. A la pression partielle de 0,0165 mm de mercure correspond une température d'équilibre de 138° K, qui semble donc être la température de l'atmosphère de Saturne au niveau des nuages.

La température radiométrique mesurée, d'environ 120° K, doit être celle des couches supérieures, au moins 60 km au-dessus, à un endroit où il ne reste pratiquement plus de NH_3 ni de CH_4, car le rayonnement infrarouge provenant de la basse

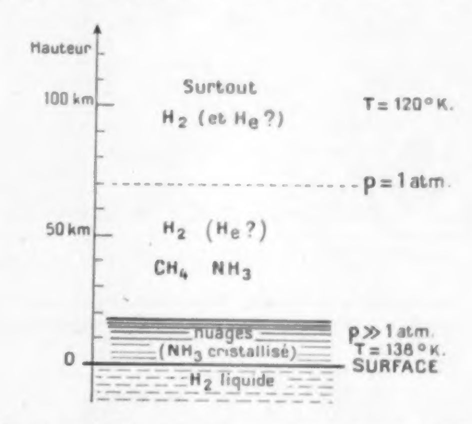


Fig. 10. — Modèle schématique de l'atmosphère de Saturne.

atmosphère est entièrement absorbé par le méthane et l'ammoniac. On vérifie d'ailleurs qu'une photographie de Saturne en lumière infrarouge ne montre aucun détail. Ainsi la température de la basse atmosphère est plus élevée que celle des couches supérieures : il y a « effet de serre ». La pression y est certainement beaucoup plus élevée que la pression atmosphérique. Le résultat de cette discussion est le *modèle* d'atmosphère présenté sur la figure 10.

Les grands mouvements de l'atmosphère que nous avons mentionnés au début de ce paragraphe sont capables d'expliquer pourquoi l'atmosphère semble plus épaisse aux pôles qu'à l'équateur saturnien, ainsi que l'a observé Lyot : la température polaire étant plus basse que la température équatoriale, les nuages sont plus élevés à l'équateur qu'aux pôles. La vitesse

des vents signalés à l'équateur atteindrait l'énorme chiffre de 1 400 km/h.

Constitution interne de Saturne. — Ce problème est très difficile à résoudre, d'autant plus que la composition et l'état physique de la planète sont extrêmement différents de ceux de la Terre, dont la densité est près de 8 fois plus élevée. Pour déterminer, sinon les constituants, du moins la distribution la plus probable des densités à l'intérieur de la planète, on ne dispose que de bien peu de données. Voici comment on procède :

1° La masse de la planète est connue grâce au mouvement de ses satellites, à l'aide de la loi de la gravitation universelle;

2° Connaissant son volume, estimé d'après des mesures de diamètre, on peut en déduire la densité moyenne (0,71);

3° On détermine, par des considérations de mécanique céleste, l'écart à la symétrie sphérique de la planète;

4° En se servant d'une formule simple donnée par Radau et Darwin, on obtient le moment d'inertie I de la planète par rapport à son axe de rotation. Si la planète était une sphère homogène de masse M et de rayon R, on aurait $I = 2/5.MR^2$, c'est-à-dire que $I/MR^2 = 0,4$. Si par contre la planète était constituée d'un fluide de densité extrêmement faible entourant un noyau très petit et très dense, I/MR^2 serait pratiquement nul. Dans le cas de Saturne, ce rapport vaut 0,24; Saturne est donc intermédiaire entre ces deux extrêmes.

Plusieurs *modèles* de structure ont été proposés. Le plus vraisemblable est le suivant : la surface serait de l'hydrogène liquide reposant sur de l'hydrogène solide de densité 0,35. A l'intérieur se trouveraient des matériaux plus denses qui pourraient bien être de l'hydrogène *métallique*; en effet, soumis à la pression de 700 000 atmosphères, l'hydrogène cristallisé subit une transformation allotropique qui le fait passer à l'état de variété plus dense (0,77 ?) dont les propriété rappelleraient celles des métaux. Cette zone de discontinuité se trouverait vers 10 000 km de profondeur. Il est vraisemblable que cet hydrogène est mêlé à de l'hélium, également solide et jouissant de la même propriété (à une pression plus grande encore). Les autres éléments sont en quantités beaucoup plus faibles.

Ces hypothèses sont évidemment très aléatoires. Le modèle qui en résulte est représenté par la figure 11. En tous cas (bien que la température centrale puisse être très élevée) Saturne est un monde glacé et non pas le monde bouillant qu'on se représentait jadis.

Ce qui est le plus intéressant dans toutes ces théories, c'est de remarquer combien la composition des deux grosses planètes semble se rapprocher de la composition générale de l'univers (et du Soleil). Par contre, l'hydrogène est peu abondant sur les planètes plus petites et plus proches du Soleil, la Terre en particulier (0,13 pour 100 seulement). Cela n'implique absolument pas une origine différente; mais tout simplement l'hydrogène non combiné et les gaz rares se sont évadés depuis longtemps de l'atmosphère terrestre, ainsi que le prévoit la théorie cinétique des gaz, la température étant relativement élevée, et la gravité faible. On peut calculer que la plus grande partie de l'hydrogène libre s'est échappée en 10 milliers d'années, alors qu'il faudrait au moins 10^{30} années pour que la même proportion d'azote disparaisse. On s'explique alors pourquoi la Lune et les petites planètes sont dénuées d'atmosphère.

Ainsi Saturne et Jupiter, de par leur composition et leur température, sont aussi inhospitaliers que possible et la vie n'y existe certainement pas. Il est bien inutile de tenter d'y faire escale dans un futur voyage interplanétaire. Et pourtant, de quel féérique spectacle doit-on jouir sur Saturne où, dans les éclaircies entre les nuages d'ammoniac solide, on peut apercevoir 9 lunes présentant des phases différentes et surtout les merveilleux anneaux.

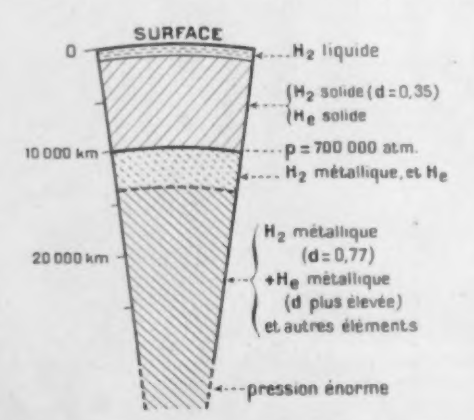


Fig. 11. — *Modèle schématique de l'intérieur de Saturne.*

Les anneaux de Saturne. — Il y en a trois, séparés par des divisions à travers lesquelles on peut apercevoir les étoiles. L'anneau extérieur A s'étend de 136 000 à 115 000 km, c'est-à-dire de 2,3 à 2 rayons du centre. Il est séparé de l'anneau B par la division de Cassini qui a 4 000 km de large; ces deux anneaux semblent à peu près opaques, mais on y distingue des raies concentriques (fig. 12). Après une autre division à 90 000 km du centre, on rencontre le troisième anneau, assez peu visible et semi-transparent (on voit au travers le bord planétaire et les étoiles), nommé pour ces raisons *anneau de crêpe*, et qui se termine à 11 000 km de la surface de l'astre. Ce sont les différentes positions possibles de ces anneaux par rapport à la Terre qui sont la cause des variations d'éclat global de Saturne, lesquelles ont tant intrigué les astronomes du XVIIe siècle (fig. 5 à 8).



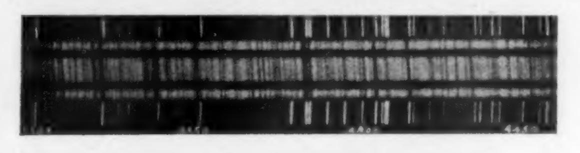
Fig. 12. — *Dessin de Saturne par B. Lyot, résumant les aspects des divisions de l'anneau.*

Dessin fait à la lunette de 60 cm du Pic du Midi. L'anneau est presque à son maximum d'ouverture ; remarquer le bord de la planète visible à travers l' « anneau de crêpe » (partie intérieure de l'anneau) (*L'Astronomie*, janvier 1953).

La nature de cet étrange objet a été prétexte à nombre de

discussions. Le problème semble maintenant parfaitement résolu, par élimination si l'on peut dire ! Maxwell et Poincaré ont en effet établi que les anneaux ne sauraient être ni fluides, ni solides d'une seule pièce.

Déjà Laplace avait montré qu'un anneau solide régulier serait instable : sous l'influence du plus petit déplacement, il s'excentrerait de plus en plus et tomberait sur la planète. D'ailleurs Hirn a démontré qu'aucun solide connu ne pourrait résister aux efforts d'attraction exercés par les satellites sur un tel anneau. D'après Poincaré, il ne pourrait non plus être fluide : dans ce cas, si la densité n'était pas suffisante, il se briserait



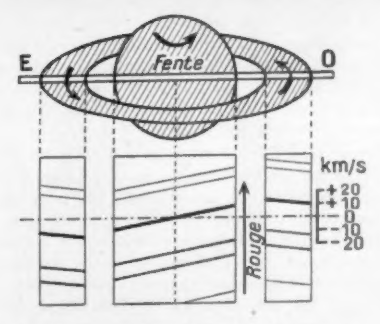


Fig. 13 et 14. — *Rotation de Saturne et de ses anneaux.*

En haut, fragment de spectre montrant l'inclinaison des raies spectrales par effet Doppler (d'après V. M. Slipher).

En bas, schéma explicatif (d'après J. E. Keeler). Un éloignement de la source se traduit par un déplacement des raies de son spectre vers le rouge, proportionnel à la vitesse radiale. Inversement, un rapprochement déplace les raies vers le violet. La fente du spectrographe étant placée comme le montre le dessin, la différence des vitesses d'un point à un autre produit une inclinaison de la raie par rapport à la raie ordinaire (en pointillé). Remarquer que l'intérieur de l'anneau tourne plus vite que l'extérieur.

en morceaux, l'attraction mutuelle de ses particules étant trop faible ; d'autre part la densité doit être petite, sinon la moindre fluctuation de densité entraînerait la condensation ; et ces limites sont incompatibles. L'anneau ne peut donc être constitué que de fragments de toutes tailles, depuis les fines poussières jusqu'aux gros blocs. Maxwell pense qu'un tel système n'est stable que si sa masse est inférieure à 1/400 000 de celle de la planète.

Bien entendu chaque particule obéit aux lois de Képler et tourne autour de la planète, les particules extérieures étant plus lentes (16 km/s) que les intérieures (20 km/s). L'effet Doppler-Fizeau, appliqué par Keeler dès 1895, a permis de mesurer ces rotations et c'est une de ses utilisations les plus spectaculaires (fig. 13 et 14).

Quant aux divisions des anneaux, dessinées et mesurées avec soin par Lyot (fig. 12), Kirkwood pense qu'elles sont dues aux perturbations produites par les satellites. On remarque, par exemple, qu'un satellite imaginaire parcourant une orbite coïncidant avec la division de Cassini aurait une période égale à la moitié de celle de Mimas, le plus proche des satellites. Si cet objet existait, il y aurait résonance entre son mouvement et celui de Mimas, d'où une instabilité prévue en mécanique céleste. Il ne peut donc circuler de particules au niveau de la division de Cassini ; les autres divisions s'expliquent de même.

On peut d'ailleurs observer, dans la distribution des petites planètes autour du Soleil, un phénomène analogue dû à l'influence de Jupiter.

Tout cela tend à prouver que les anneaux sont constitués de blocs solides, et il existe encore d'autres raisons de le croire. La matière des anneaux est encore mal connue, mais il est probable qu'il s'agit de morceaux de glace, car l'albedo est d'environ 0,8. Kuiper la décèle également dans le spectre, par une forte absorption à partir de 1,6 μ (dans l'infrarouge). Cette hypothèse est parfaitement en accord avec la stabilité des satellites : d'après Roche (1850) aucun satellite important de glace ou de toute autre matière légère ne pourrait, au niveau des anneaux, résister aux efforts antagonistes dus à la force centrifuge et à l'attraction de Saturne.

On s'explique facilement pourquoi la glace ne s'évapore pas dans le vide où elle est placée : elle reste à une température de 60° K environ, à laquelle la pression de vapeur saturante n'est que 10^{-33} mm de mercure, si bien que la perte de matière est absolument négligeable. Elle ne s'échauffe pas car elle réfléchit 80 pour 100 de la lumière visible, mais elle rayonne pour ainsi dire comme un *corps noir* dans l'infrarouge (c'est-à-dire le plus possible). Émettant beaucoup, sa température est basse.

Satellites de Saturne. — On pense que les satellites les plus proches de la planète sont également formés de glace, dont la stabilité s'explique de même ; en effet, leur éclat est remarquablement élevé pour leur masse (qu'on connaît grâce aux perturbations qu'ils exercent les uns sur les autres). Ces premiers satellites (fig. 15) se présentant comme des astres dénués

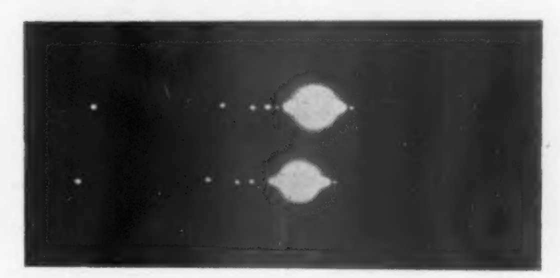


Fig. 15. — *Quelques satellites de Saturne.*

Photographie prise le 2 mars 1921 par E. C. Slipher, avec un filtre coloré, au télescope de 24 inches (61 cm environ) de l'Observatoire Lowell, à Flagstaff (Arizona). A gauche de la planète, de gauche à droite, on voit Titan, Rhea, Dione, Théthys et Mimas ; à droite de la planète, Encelade. Titan seul est assez gros pour avoir un diamètre mesurable. L'image de Saturne et de ses anneaux est très surexposée.

(Photo aimablement communiquée par l'Observatoire Lowell).

de diamètre apparent, même dans les plus gros instruments, on ne peut vérifier cette hypothèse en calculant leur densité. Les diamètres que nous donnons dans le tableau I ont été obtenus en supposant qu'ils sont formés de glace.

Le cas de Titan, le plus gros des satellites, est entièrement différent (fig. 16). Comme on peut mesurer son diamètre apparent (0",8) et calculer sa masse, on peut en déduire sa densité qui vaut 3,7, sans doute la plus forte du système saturnien. Son aspect, observé par Lyot et les astronomes du Pic du Midi, ressemble quelque peu à celui de Saturne, avec un assombrissement remarquable sur les bords et des taches plus ou moins parallèles au plan de son orbite. Cela fait supposer l'existence d'une atmosphère sur Titan, existence confirmée par Kuiper qui découvrait en 1944 les bandes d'absorption du méthane dans le spectre du satellite. La présence de méthane à la surface d'un objet aussi petit pose des problèmes extrêmement intéressants. La température de Titan doit être fort basse : 60° K ;

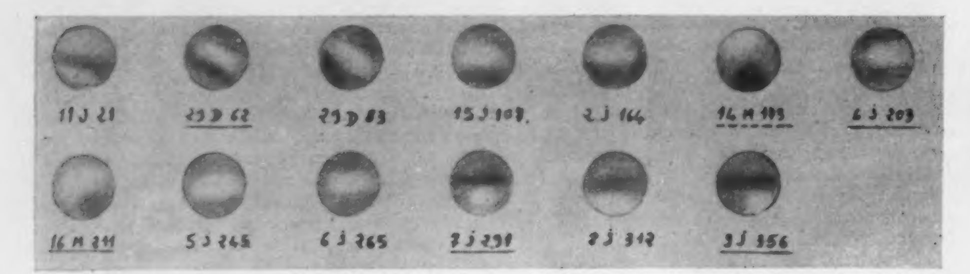


Fig. 16. — *Dessins du satellite Titan par Bernard Lyot.*
Dessins faits à la lunette de 60 cm de l'Observatoire du Pic du Midi (*L'Astronomie*, janvier 1953).

à cette température, la vitesse moyenne des molécules de méthane est inférieure à 0,45 km/s, alors que la vitesse de libération est 3 km/s. On calcule aisément qu'en ces conditions les pertes de matière sont négligeables. Il est hors de doute que Titan n'a pas pu, au cours de son évolution, être porté à une température de plus de 800° K (environ 500° C) car tout le méthane se serait échappé en moins de 1 000 ans. L'importance cosmogonique de ce fait est énorme.

Il est vraisemblable que la plupart des satellites de Saturne tournent, comme la Lune, toujours la même face vers la planète, car on décèle des variations périodiques d'éclat chez Mimas, Encelade, Titan, Rhéa, Japet et Phœbé. Japet, en particulier, est 5 fois plus brillant à l'élongation ouest qu'à l'élongation est. Ce phénomène s'explique en supposant une dissymétrie dans la structure superficielle de ces objets.

Enfin, autre phénomène intéressant, le satellite le plus éloigné, Phœbé, découvert en 1898, a un mouvement rétrograde, de même d'ailleurs que les trois satellites extérieurs de Jupiter, qu'Uranus et ses cinq satellites, et que l'un des satellites de Neptune. Les théories cosmogoniques ne sont pas encore parvenues à en donner une explication satisfaisante.

Saturne et les théories cosmogoniques. — Il est curieux que Saturne, qui fournit jadis à Laplace plusieurs des arguments de la théorie développée dans l'*Exposition du système du monde*, contribue maintenant à la réfutation de cette théorie. Laplace supposait que le système solaire provenait d'une vaste nébuleuse gazeuse, animée d'un mouvement uniforme, au centre de laquelle se trouvait une forte condensation ou *protosoleil*. En tournant, elle se serait contractée et aurait abandonné une série d'anneaux d'où seraient nées les planètes. Cela se serait reproduit à petite échelle pour former les satellites. Naturellement Laplace interprétait l'anneau de Saturne comme un des anneaux non encore condensé en satellite. Or nous avons vu qu'il n'est pas gazeux. D'autres objections (telles que la lenteur de la rotation du Soleil) conduisent à rejeter la théorie de Laplace, ainsi que les théories plus récentes qui en dérivent et qui font intervenir le champ magnétique général du Soleil (qui, en fait, n'existe pas).

Un autre type de théorie est celle des collisions (théorie *catastrophique*). Développée sous sa forme moderne par Chamberlin, Moulton, Jeans et Jeffreys, etc., elle suppose que le passage d'une étoile au voisinage du Soleil lui aurait arraché un bras de matière par suite d'un phénomène de marée. Ce filament se serait brisé en fragments gazeux, condensés ensuite en planètes. Nombre d'objections sérieuses ont eu raison de cette théorie et de ses dérivées.

Actuellement on revient à la nébuleuse de Laplace, mais sous une forme nouvelle. Weizsäcker, ter Haar et Chandrasekhar (1943 à 1950) ont supposé qu'autour d'un astre peu différent du Soleil actuel s'est rassemblé un disque gazeux constitué de 99 pour 100 d'hydrogène et d'hélium, et pour le reste d'éléments plus lourds. Ce disque était en rotation képlérienne (et non en rotation d'ensemble comme dans l'hypothèse de Laplace). La différence des vitesses entre les couches voisines a fait naître des tourbillons dont la répartition, calculable, explique la loi empirique de Bode qui donne avec une approximation pas trop mauvaise les distances des planètes au Soleil. La condensation des gaz suit un processus tout autre que dans les théories précédentes : les gaz se rassemblent en poussières par action des forces chimiques intermoléculaires; ces poussières se heurtent et se collent les unes aux autres sous l'influence des forces de surface. Quand elles sont assez grosses, elles peuvent ramasser par attraction gravitationnelle les poussières et les gaz de la nébuleuse; au bout de 10 ans seulement, des noyaux assez gros pour ne plus être entraînés par les tourbillons se sont formés; ils sont ensuite devenus des planètes.

Cette théorie rend bien compte des régularités du système solaire, et explique qualitativement la répartition des masses : au voisinage du Soleil, la température est trop élevée pour que l'hydrogène et l'hélium puissent se condenser; aussi se sont-ils échappés en grande partie; les planètes inférieures sont donc petites et constituées d'éléments lourds. Au contraire, au niveau de Jupiter et de Saturne, ils ont pu se condenser, d'où l'énorme masse de ces planètes et leur composition. Mais l'existence d'un système tel que celui des tourbillons pose des problèmes complexes qui sont loin d'être résolus.

Quant aux anneaux, ils semblent nettement provenir de la rupture d'un satellite. En remarquant que les 5 premiers satellites de Saturne sont distribués selon une loi exponentielle en fonction de la distance à la planète, on peut calculer le rayon de l'orbite de ce satellite hypothétique supposé soumis à cette loi; on trouve 2,25 fois le rayon de la planète, soit exactement la limite externe des anneaux. Reste à savoir comment il s'est brisé. Sir James Jeans suggérait qu'il s'était rapproché lentement dans un milieu résistant (l'atmosphère de la planète), ce qui est contradictoire avec le fait que cette atmosphère ne s'étend pas jusqu'aux anneaux. En vérité, aucune théorie satisfaisante n'a pu être fournie jusqu'ici.

En tous cas, quel qu'ait été le mécanisme de rupture de ce satellite, on peut calculer grossièrement sa masse, sachant que celles des trois premiers obéissent à une loi exponentielle; on trouve $1/(60 \cdot 10^6)$ fois celle de la planète. Cela est compatible avec la limite de Maxwell de stabilité des anneaux : leur masse (c'est-à-dire celle du satellite) doit être inférieure à $1/(0,7 \cdot 10^6)$ fois celle de Saturne.

* * *

A l'heure actuelle, nos connaissances sont trop imparfaites pour expliquer tous les phénomènes observés. La difficulté la plus grande, encore insurmontée, est due aux mouvements rétrogrades dont Phœbé nous donne un exemple. Nous avons seulement tenté de poser le problème, d'une façon certes bien incomplète. Une étape des plus importantes sera franchie quand on pourra découvrir, dans quelque coin du ciel, d'autres systèmes planétaires en formation.

J. Lecoq.

Des mouches redoutables : LES SIMULIES

DIPTÈRES au corps trapu, aux pattes assez courtes, aux ailes larges et arrondies, les Simulies ont l'apparence de petites mouches noires (fig. 1). Cet aspect leur vaut le nom de *black-fly* dans les pays de langue anglaise. Leurs antennes, bien que massives, sont nettement pluriarticulées et ce caractère, parmi d'autres, les éloigne des vraies mouches qui se rangent dans le sous-ordre des Brachycères (étymologiquement : à antennes courtes) ou Diptères supérieurs. Les Simulies établissent la transition avec le second sous-ordre de Diptères, celui des Nématocères (à antennes longues) considéré comme plus primitif.

Fig. 1. — *Simulies adultes.*
a, la mouche de Goloubatz, *Simulium columbaczense* (d'après E. SÉGUY) ; ***b,*** aile de Simulie africaine vectrice de la filariose à *Onchocerca volvulus.*

Les Simulies forment une famille homogène dont on connaît à l'heure actuelle quelque 500 espèces réparties dans le monde entier. Chaque année voit la description de formes nouvelles. La faune de France comporte une vingtaine d'espèces auxquelles P. Grenier a consacré une étude fort complète ([1]). Nous tirons de cette monographie ainsi que du bel ouvrage d'E. Séguy ([2]) les principaux éléments de cet article.

Les adultes sont hématophages et l'intérêt porté à ce groupe tient surtout à la malfaisance de plusieurs espèces qui sont dangereuses pour l'homme ou pour les animaux domestiques. Mais l'étude des Simulies constitue également un pittoresque chapitre d'histoire naturelle. Leurs larves, qui vivent dans les eaux courantes même les plus violentes, présentent des adaptations particulièrement originales.

Les larves. — Les larves des Simulies ne ressemblent à aucune des autres larves de Diptères hématophages. Elles sont immédiatement reconnaissables à une paire d'organes céphaliques empanachés, les prémandibules (fig. 2) La tête, solidement carapacée de chitine, est bien développée. Le corps, mou, très fortement renflé en arrière, ne présente pas de segmentation très apparente. Chez les plus grandes espèces, la larve atteint dans ses derniers stades 1 cm environ.

Ces curieux organismes vermiformes vivent fixés sur des plantes aquatiques ou sur des pierres à faible profondeur (au maximum 50 cm). Un pseudopode postérieur, appareil d'accrochage très perfectionné, et non ventouse, permet à la larve de rester dressée dans le courant. Dans cette position qui lui est habituelle, elle étend ses prémandibules dont les baguettes se disposent en corbeille et filtrent, recueillant les particules en suspension (diatomées, proies microscopiques diverses, débris végétaux) dont elles se nourrissent, après les avoir broyées à l'aide de pièces buccales bien développées.

Un tel organisme est incapable de nager ; le courant qui les baigne habituellement interdit d'ailleurs ce mode de locomotion. Pour se déplacer, la larve de Simulie applique et fixe devant elle sur le support son extrémité céphalique grâce à un second appareil d'accrochage, le pseudopode antérieur. En même temps la bouche dépose sur le support et les crochets antérieurs une goutte de soie visqueuse. La larve détache ensuite son extrémité postérieure et la reporte en avant jusqu'au contact de la tête. Le chemin suivi au cours de ce déplacement est curieusement jalonné par une succession de taches de sécrétion salivaire, portant les traces des crochets de fixation. Les différents points d'attache sont reliés l'un à l'autre par un fil de soie. Cette sécrétion soyeuse assure la sécurité de la larve ; délogée accidentellement de son support, elle reste cependant réunie à celui-ci par un fil de soie qui peut atteindre 75 cm. Elle remonte le long de son amarre en la « saisissant » avec son pseudopode antérieur et un dispositif buccal spécial. Chez nul autre Diptère la soie ne joue un rôle aussi important ; elle est sécrétée par une paire de volumineuses glandes labiales s'étendant jusqu'à l'arrière du corps. Par leur mode de déplacement et l'usage constant qu'elles font de la soie, les larves de Simulies évoquent curieusement les chenilles arpenteuses.

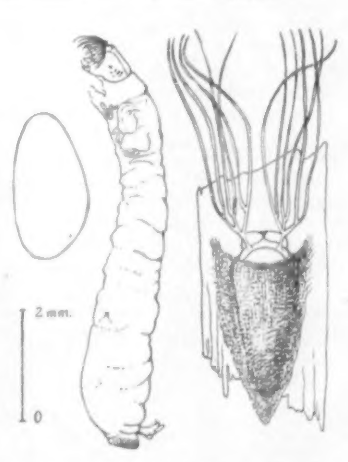


Fig. 2. — *Œuf, larve et nymphe de Simulies.*
A gauche, œuf et larve de *Simulium nolleri* (= *S. decorum*), espèce des étangs et cours d'eau de la plaine française (d'après PURI). *A droite,* nymphe de *S. variegatum,* espèce des régions montagneuses de l'Europe occidentale (d'après E. SÉGUY).

Grâce à la minceur de son tégument, la larve effectue ses échanges respiratoires à travers toute sa surface. La paroi du corps est parcourue par un réseau très ramifié de fines trachées, mais les dix paires de stigmates, qui chez un insecte aérien assurent la communication de ce système avec l'extérieur, sont closes. Il existe de plus des branchies anales, pourvues d'un fin filet de trachéoles et dévaginables par afflux de sang.

Les larves des Simulies sont des spécialistes des eaux courantes où elles vivent souvent en sociétés nombreuses, formant des masses compactes sur le fond. Suivant les espèces, elles sont cantonnées dans les petits ruisseaux, dans les rivières, dans les torrents ; il en est aussi de plus éclectiques. Les espèces de

1. P. GRENIER, *Simuliidæ de France et d'Afrique du Nord,* 1 vol. 17 x 24, 170 p. Encyclopédie entomologique, Lechevalier, Paris, 1953. Prix, broché : 2 500 F.
2. E. SÉGUY, *La biologie des Diptères,* Lechevalier, Paris, 1950.



Fig. 3. — Nymphes de Simulies dans leurs fourreaux fixés à des tiges de jonc.

(M. Pipounier, *Le petit peuple des ruisseaux*, Bourrelier, Paris, 1947).

montagne présentent un étagement en altitude. On en trouve en France jusqu'aux environs de 2 500 m. Toutes les espèces de Simulies exigent des eaux qui approchent de la saturation en oxygène dissous. Les facteurs écologiques qui permettent d'expliquer les particularités de répartition suivant les espèces sont la température de l'eau et surtout la force du courant. Certaines espèces se tiennent habituellement dans des courants pouvant atteindre 1,20 m par seconde. Il est des Simulies capables de vivre dans des eaux de fonte de glacier.

La vie sédentaire est de règle chez les larves de Simulies, mais un cas curieux est celui de certaines espèces d'Afrique qui se fixent sur des larves d'Éphémères et sur des Crabes d'eau douce où elles subissent même leur nymphose.

Les nymphes. — La vie larvaire dure quatre à six semaines, pendant la belle saison tout au moins. Après une demi-douzaine de mues, les Simulies subissent le premier stade de leur métamorphose. Les larves se transforment en nymphes. Mais auparavant elles tissent sur un support un cocon de soie d'architecture bien définie pour chaque espèce.

La partie postérieure du cocon, complètement close, est tournée vers le courant, tandis qu'une large ouverture à l'avant laisse passer les filaments respiratoires de la nymphe (fig. 2 et 3). Ces filaments sont d'origine cuticulaire et leur lumière est connectée avec le système des trachées; ils assurent les échanges respiratoires aussi bien dans l'eau que dans l'air humide, ce qui peut être considéré comme une adaptation à l'assèchement des cours d'eau temporaires.

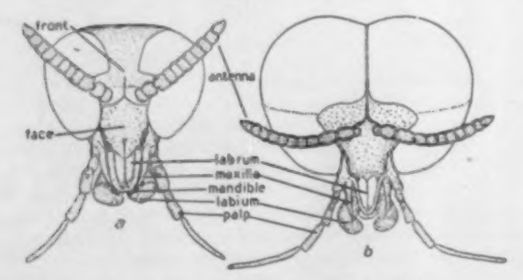


Fig. 4. — Tête et pièces buccales de Simulies.
a, femelle ; *b*, mâle (d'après Smart).

La nymphe s'accroche à l'intérieur de son cocon, au moyen de nombreuses épines et de crochets cuticulaires très développés. La vie nymphale dure une à deux semaines. Lors de l'éclosion qui a lieu sous l'eau, il semble que ce soit la pression de l'air emmagasiné sous le tégument qui provoque la rupture de l'enveloppe nymphale. L'insecte enclos dans une bulle est entraîné rapidement vers la surface et s'envole aussitôt.

Les imagos. — Les adultes ou imagos ressemblent à de petites mouches noires, nous l'avons déjà indiqué, mais on les distingue à leur thorax bossu (fig. 1). Cette particularité très apparente a valu à une Simulie nord-américaine particulièrement redoutable le nom de *buffalo-gnat*.

Les éclosions sont souvent massives, surtout celles des mâles qui chez la plupart des espèces précèdent d'un jour ou deux celles des femelles.

Les femelles de toutes les espèces ont des pièces buccales complètes, bien développées en un appareil vulnérant et suceur. Toujours hématophages, elles s'attaquent aux Mammifères et aux Oiseaux, c'est-à-dire uniquement à des vertébrés à sang chaud. Certaines espèces manifestent des exigences spécifiques très strictes dans le choix de leur victime, d'autres sont au contraire assez éclectiques.

Dans plusieurs cas, on a pu montrer que le repas de sang est indispensable au développement complet des œufs. Ce fait s'observe chez un grand nombre d'animaux hématophages de groupes très divers et doit être de règle chez toutes les Simulies.

Physiologie et comportement interagissent de façon très stricte. On a observé chez certaines Simulies que les femelles vierges ne font aucune tentative de piqûre. Après la fécondation, elles se montrent extrêmement agressives. Quand les œufs approchent de la maturité, elles peuvent encore être attirées par leur victime habituelle et se poser dessus, mais elles ne piquent plus.

Les mâles ont des pièces buccales complètes mais beaucoup moins robustes que celles des femelles. En revanche, leurs yeux sont beaucoup plus développés (fig. 4 *b*) au point d'être jointifs sur une grande largeur. Ils sont incapables de piquer et se nourrissent du nectar de fleurs à corolles peu profondes. Dans nos régions, on en rencontre sur les inflorescences du lierre.

Les mâles semblent plus rares que les femelles. C'est que la soif du sang leur est inconnue et qu'ils restent près des gîtes larvaires, généralement dans des buissons. Au moment de l'éclosion on peut en rencontrer des essaims massifs.

Au moment de la ponte, les femelles reviennent près des cours d'eau. Elles peuvent pondre au contact de l'eau ou même y pénétrer entièrement en marchant sur le support immergé qu'elles ont choisi. D'autres, au contraire, pondent au vol, en effleurant de leur abdomen la surface de l'eau.

La piqûre. — L'importance économique des Simulies tient à ce que ces moucherons sont dans beaucoup de régions de véritables fléaux pour l'homme et les animaux d'élevage. Les piqûres de certaines espèces sont graves en raison de la toxicité de la salive inoculée. D'autres sont les agents vecteurs de parasites redoutables : filaires du genre *Onchocerca* et protozoaires sanguicoles du genre *Leucocytozoon*.

En raison de la nature de leur salive, les piqûres des Simulies sont plus douloureuses que celles des Moustiques. L'insecte choisit des endroits du corps où la peau est la plus fine : pourtours de la bouche et des yeux, organes génitaux des Mammifères, cou et tête de certains oiseaux comme le Dindon. La Simulie du Cheval montre une prédilection exclusive pour les oreilles de cet animal, à l'intérieur desquelles s'accomplit même l'accouplement.



Fig. 5. — *Vue aérienne de la principale zone à onchocercose au Guatemala.*

Chaîne de volcans sur le versant pacifique de la Sierra Madre.
(Figure extraite, ainsi que la figure 6, de *The black flies (Diptera, Simuliidæ) of Guatemala and their role as vectors of onchocerciasis*, par Herbert T. Dalmat, Smithsonian Institution, Washington, 1955 ; aimablement communiquée par l'auteur).

La salive des Simulies est extrêmement toxique. C'est elle qui explique la terrible renommée des « mouches de Goloubatz » (*Similium columbaczense*) qui déciment les troupeaux d'Europe centrale. Ce sont les *musca rea* (mouches mauvaises) ou *musca veninoasa* (mouches venimeuses) de Roumanie, redoutées au point d'avoir inspiré de fort anciennes légendes : ces mouches qui font des apparitions massives et mystérieuses descendraient des grottes de la montagne où elles auraient pris naissance à partir de la tête d'un dragon tué par Hercule. En réalité, les gîtes larvaires sont situés dans le Danube. Les femelles se répandent en nuées qui peuvent parcourir jusqu'à 80 km. Elles attaquent tous les mammifères sauvages et domestiques, ainsi que l'homme.



Fig. 6. — *Gîtes à Simulies au Guatemala.*

Il s'agit principalement de la mouche *Simulium ochraceum* vectrice de l'onchocercose américaine.

Certaines années l'éclosion de printemps peut être catastrophique, les animaux mourant par dizaines de mille après une agonie qui dure un à six jours. Dans les régions proches du fleuve, les paysans savent éloigner les Simulies par des feux et des fumées; de plus une certaine immunité semble se développer. Les dégâts les plus considérables s'observent lorsque les Simulies se répandent sur une contrée où elles sont inhabituelles.

D'autres espèces de Simulies constituent des fléaux identiques en Allemagne du Nord et au Danemark, et en Amérique du Nord. En France on ignore habituellement une telle agressivité des Simulies. On a cependant signalé en 1909 des essaims de Simulies qui mirent à sang un élevage de chevreuils près de Melun. Plus récemment (1951), les Simulies se sont montrées incommodantes dans la plaine d'Alsace. On a pu montrer à cette occasion que les antihistaminiques de synthèse constituaient un traitement excellent dans les cas d'œdème et de fièvre dus aux piqûres de ces mouches.

Dans le nord du Canada, le nord de l'Inde, la Birmanie, les îles Marquises et l'Afrique tropicale, des régions entières sont rendues saisonnièrement inhabitables par les Simulies.

Transmission d'agents pathogènes. — Les Simulies sont les agents vecteurs des Filaires appartenant au genre *Onchocerca*. Ce sont des Nématodes qui vivent dans le tissu conjonctif ou dans les vaisseaux artériels des Mammifères. Deux espèces sont parasites de l'Homme, l'une en Afrique noire et l'autre en Amérique centrale. Dans les deux espèces, les mâles sont de petite taille (30 mm de long, 130 µ de large), tandis que les



Fig. 7. — *Tumeur à* Onchocerca volvulus *ouverte par le milieu.*

Grossissement : × 2 (E. Brumpt, *Précis de Parasitologie*, t. 1, 6e édit., Masson, Paris, 1949).

femelles peuvent atteindre 50 cm de long pour 360 µ de large.

Les vers adultes des deux sexes se rencontrent dans des tumeurs sous-cutanées dont le volume varie entre celui d'un poids et celui d'un œuf de pigeon (fig. 7). La ponte a lieu dans la tumeur et donne naissance à des microfilaires qui s'en échappent pour infester le derme. Elles peuvent aussi atteindre les ganglions lymphatiques, le liquide céphalo-rachidien, l'œil et le nerf optique. Les Simulies s'infectent en piquant des sujets malades. Les filaires envahissent leur musculature puis rejoignent la trompe où elles attendent d'être réinoculées à l'Homme.

Outre les tumeurs déjà signalées, l'onchocercose africaine provoque une sorte de gale. Elle est aussi responsable de certains cas d'éléphantiasis du scrotum et d'affections oculaires qui peuvent amener la cécité. Le nombre de Noirs atteints par l'onchocercose approche vraisemblablement du million.

Alors que l'onchocercose africaine s'observe dans de vastes zones mal délimitées où sa fréquence varie d'un endroit à l'autre, l'onchocercose américaine concerne des zones endémiques mieux délimitées au sud du Mexique, au Guatemala (fig. 5 et 6) et au Venezuela. La maladie y atteint 35 pour 100 de la population. Les tumeurs se trouvent presque uniquement sur la tête où elles peuvent causer des perforations de la boîte cranienne. Ce sont les toxines sécrétées par ces filaires qui sont responsables de l'érysipèle de la côte ou *mal morada*, accompagné de fièvre et de troubles mentaux (hallucinations auditives et visuelles). Des troubles oculaires graves comparables à ceux de la forme africaine sont fréquents et la cécité atteint 5 pour 100 des personnes infectées.

Un traitement chimique employé aussi contre la maladie du sommeil (injections de Bayer 205) a été utilisé contre l'onchocercose africaine. Si cette méthode se montre régulièrement efficace, la prophylaxie sera bien simplifiée, car elle ne comportera plus la lutte si difficile et si onéreuse contre les Simulies et leurs larves. La filaire américaine y est malheureusement insensible, et son seul traitement reste l'extirpation chirurgicale des tumeurs.

Les Simulies transmettent aux oiseaux des Protozoaires parasites. Ce sont des Sporozoaires appartenant au genre *Leucocytozoon*, dont certains sont particulièrement fatals aux élevages de volailles. Ces Hématozoaires effectuent un cycle de développement qui, passant par les Simulies, est tout à fait comparable à celui du paludisme qui passe par les Culicides.

Protection et lutte contre les Simulies. — Les Simulies nuisibles sont difficiles à maîtriser. Les moyens habituels de destruction des larves aquatiques sont d'application presque impossible. A quoi servirait-il de répandre des insecticides dans des eaux courantes, perpétuellement renouvelées ? C'est cependant un des moyens utilisés en Afrique noire contre l'agent vecteur de l'onchocercose. Mais la brutalité nécessaire de l'intervention pratiquée sur les cours d'eau va beaucoup plus loin que son but initial et aboutit à supprimer toute vie animale, voire végétale (fig. 9).

La destruction chimique massive est également utilisée en Amérique, contre les adultes cette fois. On saupoudre de D.D.T. des forêts entières. Il en résulte une extermination totale de la faune arthropodienne; méthode peu élégante et dont on mesure mal les conséquences.

L'arrachage des plantes aquatiques sur lesquelles pondent les femelles est réalisable dans les petits cours d'eau. Ce procédé devient inapplicable lorsqu'il s'agit d'espèces qui pondent sur les rochers dans des cours d'eau très larges ou très rapides. Or c'est le cas, et du moucheron responsable de l'onchocercose, et de la mouche de Goloubatz, deux des plus redoutables Simulies.

Le ralentissement des cours d'eau éliminerait les Simulies, mais cette mesure est généralement impraticable. A cet égard, la lutte contre les Moustiques semble plus aisée : on arrive à traiter ou éliminer les eaux dormantes où vivent leurs larves.

En ce qui concerne l'onchocercose, la prophylaxie consiste, semble-t-il, à agir sur la phase humaine du cycle du Nématode. En soignant et opérant tous les malades, on finira par éliminer toutes les filaires. Cela n'empêchera pas les Simulies de piquer, mais du moins elles seront saines.

L'utilisation des insecticides s'étant montrée fort difficile, on s'est retourné vers les moyens dits « biologiques »; on recherche activement les ennemis naturels des Simulies. Les



Fig. 8. — *Hippopotames effrayés par un hélicoptère de l' « opération Simulies ».*

Photo prise par Pierre Voisin à bord de l'hélicoptère piloté par Arnoult, à moins de 10 m d'altitude. Une quarantaine d'hippopotames fuient dans les pâturages marécageux du lac Léré. C'est dans ce lac, où amérissent les hydravions Latécoère de France-Hydro, que la rivière Mayo-Kebbi, repaire des larves de Simulies, finit son cours.



Fig. 9 à 12. — Phases de l' « opération Simulies » au Tchad, de février à avril 1955.

L' « opération Simulies » déclenchée à la fin de l'hiver dernier au Tchad, dans la vallée du Mayo-Kebbi, comporta toute une série d'opérations pour détruire les Simulies vectrices de l'onchocercose, dépister et soigner les indigènes malades. *En haut à gauche :* Photo prise de l'hélicoptère d'Arnoult qui croise celui de Martin d'Arnal, occupé à répandre de l'insecticide sur la vallée du Mayo-Kebbi, habitat type de la mouche *Simulium damnosum*. *En haut à droite :* Prélèvements sanguins pour le dépistage. *En bas à gauche :* Examen des prélèvements au microscope. *En bas à droite :* Examen ophtalmologique. Sur 300 habitants du village, 240 sont contaminés ; ils seront soignés énergiquement. Puis l'équipe sanitaire gagnera un autre village (*Photos* Pierre Voisis).

larves et les nymphes sont des proies très vulnérables et leurs ennemis sont nombreux. Certains poissons en font une grande consommation. De très nombreux insectes aquatiques, des larves surtout attaquent les Simulies. Larves et nymphes peuvent être infestées par de nombreux parasites : hyménoptères braconides, acariens, nématodes, protozoaires, champignons inférieurs.

Malgré la profusion des ennemis naturels que l'on a découverts, on n'a pas encore pu, à quelques exceptions près, en isoler qui puissent jouer un rôle décisif. Citons un poisson nord-américain qui se nourrit presque exclusivement de Simulies; une libellule introduite en Nouvelle-Zélande où ses larves ont fait merveille.

Les imagos ont peu d'ennemis, mais parmi ceux-ci se trouvent des guêpes fouisseuses qui semblent être les plus efficaces destructeurs de Simulies.

Bien que les moyens « biologiques » de lutte n'aient pas encore donné de résultats très encourageants, c'est dans cette voie qu'il faut persévérer si l'on veut contrôler sans danger et à moindres frais les Simulies nuisibles.

G. Fertois.

Le contrôle grisoumétrique dans les mines

A l'Exposition de l'Industrie minérale qui s'est tenue à Paris du 18 juin au 3 juillet, le Centre d'études et recherches des Charbonnages de France (CERCHAR) (1) a présenté quelques prototypes d'appareils industriels intéressant l'exploitation des mines et les industries de la houille.

On remarquait un appareil semi-automatique pour la mesure en série de la résistance à l'écrasement des boulets, un plastomètre pour la mesure de la température de resolidification du coke au cours de sa fabrication, une maquette d'installation industrielle pour la fabrication de semi-coke « fluidisé », différents appareils de prélèvements de poussières pour le contrôle du degré de dépoussiérage des atmosphères de mines et d'usines. Enfin une vitrine était consacrée aux problèmes de grisoumétrie. Arrêtons-nous à cet aspect important de la sécurité dans les mines que constitue la mesure de la teneur en grisou.

Presque toutes les couches de charbon contiennent naturellement en dissolution du méthane qui provient de la décomposition des acides humiques des végétaux houillifiés. Au cours de l'exploitation, la veine de charbon vierge subit des compressions et des décompressions mécaniques qui provoquent le dégagement de ce méthane : c'est le dégagement de grisou (méthane et traces variables d'hydrogène, d'éthane et de gaz rares). Une tonne de houille dégage parfois 20 à 30 m³ de grisou, exceptionnellement plus. Ce grisou se répand dans l'atmosphère de la mine et constitue avec l'air un mélange inflammable à partir d'une teneur voisine de 6 pour 100. Une température de 600° C à 650° C est nécessaire pour enflammer ce mélange, mais ce risque peut exister dans la mine du fait d'un mauvais emploi d'explosifs de sécurité, ou même du fait de la défaillance du blindage d'un appareil électrique.

On lutte contre le danger que constitue le grisou en assurant une ventilation convenable, telle que la teneur en grisou ne dépasse jamais 1 pour 100. Dans certains gisements qui s'y prêtent, on complète ce moyen de sécurité par l'extraction du grisou à l'aide de sondes mises en place avant que les galeries n'atteignent la couche de charbon : c'est la méthode dite de captage du grisou. Outre son avantage du point de vue de la sécurité, cette méthode a l'intérêt de fournir du gaz à haut pouvoir calorifique (9 000 cal par mètre cube de méthane) utilisable pour les usages industriels et domestiques. Cette méthode est actuellement employée en Sarre et en Lorraine.

Puisque la teneur de l'atmosphère en grisou ne doit pas dépasser 1 pour 100, il faut s'assurer par un contrôle que les mesures de sécurité (ventilation et éventuellement captage) ont obtenu ce résultat. C'est l'objet de la grisoumétrie.

Depuis l'invention de la lampe Davy, la lampe à flamme est le moyen le plus utilisé pour détecter le grisou. En effet, la présence du grisou provoque au-dessus de la flamme d'essence une auréole pâle caractéristique dont la hauteur est d'autant plus grande qu'on est proche de la limite d'inflammabilité. Les porions et les surveillants de grisou sont habitués à estimer la teneur en grisou à 0,5 pour 100 près en valeur absolue d'après l'aspect de la flamme de leur lampe (fig. 1).

Depuis le début du siècle, plusieurs solutions ont été proposées pour mesurer la teneur en grisou en chantier avec une plus grande précision. Mais aucune solution n'a encore pu supplanter économiquement la méthode de la lampe à flamme qui reste la plus employée.

Les recherches récentes tendent à obtenir des appareils grisoumétriques à la fois précis et d'une grande sûreté de fonctionnement. Parmi les appareils présentés à l'Exposition de l'Industrie minérale, le grisoumètre Verneuil (nom qui rappelle l'implantation du Laboratoire du Cerchar) semble présenter des perfectionnements par rapport aux précédents. Le grisoumètre Verneuil est dérivé de deux appareils plus anciens comportant l'utilisation brevetée en 1901 par l'inspecteur général des mines Léon, du phénomène suivant : un fil fin de platine, porté au rouge sombre par un courant électrique et placé dans une atmosphère grisouteuse brûlera à son contact une partie du gaz combustible et prendra une température supérieure à celle d'un fil de platine identique traversé par le même courant et placé dans l'air pur. C'est une utilisation différente du phénomène utilisé dans l'allumeur à gaz à platine et la lampe hygiénique à platine incandescent.

Dans le grisoumètre Léon, les deux filaments prennent donc des états d'équilibre de températures différentes s'il y a du grisou. Il en résulte des différences de résistance électrique, la variation de résistance du filament doseur étant fonction de la teneur en grisou de l'atmosphère à surveiller. Il suffit de monter les deux filaments dans un pont de Wheatstone et de mesurer, avec un galvanomètre, le déséquilibre du pont convenablement alimenté en électricité, le déséquilibre étant fonction de la variation de résistance du filament doseur, donc de la teneur en grisou (fig. 2).

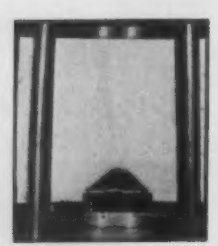
Sur ce principe, on a construit en 1932 le grisoumètre Léon-Montluçon alimenté par l'accumulateur d'une lampe électrique (fig. 3). En 1948, on a perfectionné et modifié l'appareil pour l'adapter à l'accumulateur d'une lampe à chapeau (fig. 4).

Malgré le soin apporté à la construction, les deux appareils présentent divers inconvénients dont les causes sont : la difficulté de réalisation d'une chambre d'air pur à la fois étanche et en équilibre de pression avec l'atmosphère; l'usure rapide des filaments fonctionnant à température trop élevée; la variation de tension de l'accumulateur; les perturbations dues à la présence de gaz étrangers et au degré hygroscopique.

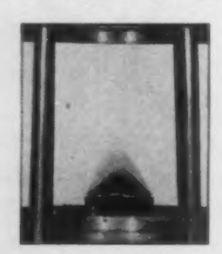
Le grisoumètre Verneuil remédie à ces inconvénients. Les deux filaments sont placés très près l'un de l'autre dans la

1. Le laboratoire de Verneuil (Oise) du Centre d'études et de recherches des Charbonnages de France, par M. DUCAS, *La Nature*, n° 3209, septembre 1952, p. 282.

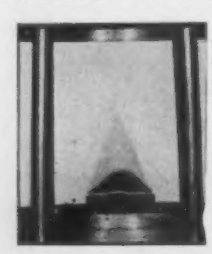
Fig. 1. — Aspect de la flamme d'une lampe de sécurité en fonction de la teneur en grisou.



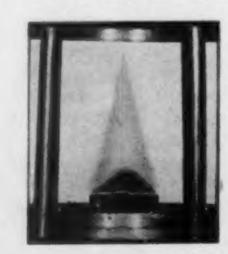
Pas de grisou.



1 pour 100.



2 pour 100.



3,5 pour 100.

L'auréole a la forme d'un cône qui surmonte la flamme proprement dite. Pour obtenir une meilleure reproduction, la flamme et son auréole ont été obtenues par inversion photographique : en réalité, l'auréole est donc moins brillante que la flamme elle-même.

(*Photos* CERCHAR).

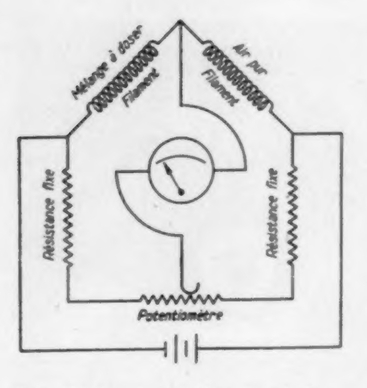


Fig. 2 *(ci-dessus).* — ***Schéma de principe du grisoumètre Léon (1901).***

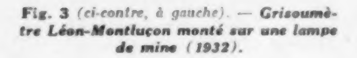


Fig. 3 *(ci-contre, à gauche).* — ***Grisoumètre Léon-Montluçon monté sur une lampe de mine (1932).***

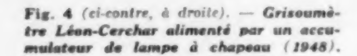


Fig. 4 *(ci-contre, à droite).* — ***Grisoumètre Léon-Cerchar alimenté par un accumulateur de lampe à chapeau (1948).***





même chambre et soumis tous les deux à l'action de l'atmosphère à surveiller, ce qui élimine les influences de la pression atmosphérique et des gaz étrangers non combustibles. Pour obtenir le phénomène de variation de résistance, les deux filaments, identiques en diamètre, sont de longueurs différentes, si bien qu'ils sont de résistances différentes par construction. Le plus long des deux s'échauffe plus que l'autre : à son contact il y brûle donc plus de grisou, ce qui provoque une surélévation de sa température. Finalement, les températures d'équilibre, différentes pour les deux filaments, sont fonction de la teneur en grisou. Les variations de résistance sont mesurées par le galvanomètre placé sur la branche d'un pont de Wheatstone,

Milliampèremètre 3mA 4,5Ω
6 Ω environ
600 Ω environ
Réglage
Mesure
3 Ω
6 Ω
Rhéostat de réglage de tension
Réglage du zéro
1 Ω
Filament compensateur
Filament détecteur
9 Ω
Résistance de charge
Pile

Fig. 5. — ***Schéma électrique du grisoumètre Verneuil.***

ce galvanomètre pouvant être gradué directement en teneur en grisou.

Ce dispositif différentiel a permis d'abaisser la température de fonctionnement des filaments, ce qui prolonge leur vie (6 000 à 8 000 mesures au lieu de 1 500 à 2 000).

D'autre part, l'alimentation à pile sèche rend l'appareil indépendant, de sorte qu'il peut être conservé dans le bureau du porion en dehors des heures de service, tandis que l'appareil lié à un accumulateur accompagne celui-ci à la lampisterie pour recharge, d'où risque de chocs et de détérioration par acide. La pile présente en outre sur l'accumulateur l'avantage d'une bonne stabilité de tension (au cours d'un poste de travail, l'accumulateur se décharge pour alimenter la lampe à chapeau, tandis que la pile ne travaille qu'au moment des lectures).

Enfin, un circuit électrique perfectionné permet à tout moment d'ajuster l'intensité en cas de variation de la tension



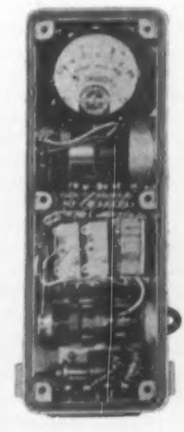


Fig. 6 et 7. — ***Grisoumètre Verneuil (1954).***
A droite, l'appareil avec son boîtier ouvert. On notera l'évolution progressive de la présentation extérieure des modèles vers les formes modernes.

de la pile sèche et permet de régler le zéro en atelier en cas de variation de résistance des filaments par usure (fig. 5).

Extérieurement, l'appareil se présente sous forme d'un parallélépipède de 32 × 12 × 10 cm, pesant environ 2 kg (fig. 6 et 7). Le galvanomètre est gradué de 0 à 3 pour 100 de grisou. Le remplissage de la chambre de mesure est assuré par une pompe à piston du type de celle des pulvérisateurs à parfums. Un tuyau de caoutchouc muni d'une poire permet à l'opérateur muni d'un bâton d'aspirer l'air dans une « cloche » comme il s'en forme parfois au toit des chantiers de mine. Pour les mesures dans les lieux à portée de main ce tuyau n'est pas nécessaire.

Le maniement de l'appareil est très simple : on aspire l'air en pompant cinq ou six coups, puis on appuie sur le bouton de mesure. La teneur en grisou se lit directement sur le cadran gradué du galvanomètre.

Une autre version de l'appareil a été conçue pour la mesure en laboratoire de la teneur en grisou d'échantillons d'air prélevés dans la mine (fig. 8), et doit permettre d'obtenir les mesures plus rapidement que par les méthodes chimiques usuelles.

Ajoutons qu'un équipement de siège de mine en appareils grisoumétriques portatifs doit être complété par des bouteilles de gaz étalon (en général air + 1,5 pour 100 de méthane) destinées à contrôler périodiquement les indications des appareils grisoumétriques.

Les solutions exposées semblent permettre de résoudre les problèmes de la grisoumétrie par *surveillance*. Un problème, non résolu pour les mines, est celui de l'*enregistrement continu* de la teneur en grisou avec déclenchements d'arrêts de sécurité (moteurs électriques et même trolleys) en cas d'élévation anormale de la teneur en grisou. Malheureusement les doseurs actuellement connus (doseurs à infrarouge, appareils à diffusion à travers une paroi poreuse, doseurs à variation d'indice de réfraction...) ne peuvent résoudre le problème, soit parce que leur temps de réponse est trop long, soit parce que leur fonctionnement durant de longues périodes n'est pas suffisamment sûr pour qu'on puisse confier à leur automatisme la sécurité du personnel.

Les laboratoires de recherches s'efforceront donc dans les années à venir de trouver une solution utilisable dans les mines au problème de la surveillance automatique de la teneur en grisou.

M. Ducas.

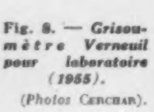



Fig. 8. — *Grisoumètre Verneuil pour laboratoire (1955).*
(Photos Cerchar).

La résonance des protons et la mesure des champs magnétiques intenses

La mesure de l'intensité d'un champ magnétique est une opération qui intéresse de très nombreux domaines de la science et de la technique. C'est très souvent une opération difficile et les moyens utilisés doivent être étroitement adaptés aux conditions particulières de la mesure.

Les champs que l'on peut être amené à étudier varient d'une fraction de gauss à plusieurs dizaines de milliers de gauss, et on conçoit que les procédés de mesure diffèrent considérablement selon que l'on se place à l'une ou à l'autre extrémité de l'échelle. D'autre part les conditions d'accessibilité de la région où s'exerce le champ apportent de nouvelles limitations. Cependant on peut grouper les dispositifs classiques autour d'un certain nombre de méthodes générales.

L'étude des forces exercées par le champ sur un petit aimant fournit le principe d'une première méthode, qui est particulièrement précieuse dans l'étude des champs faibles. Le magnétisme terrestre en fait un très large usage. L'action d'un champ sur un courant fournit le principe d'une seconde méthode applicable plus particulièrement aux champs forts. La balance de Cotton, dans laquelle un des fléaux comporte un conducteur rectiligne parcouru par un courant que l'on place dans le champ à mesurer, est l'exemple d'un dispositif utilisant cette méthode. Enfin le principe de l'induction est à la base d'une foule de dispositifs qui peuvent se ramener au schéma suivant : une boucle tourne dans le champ à mesurer et l'on étudie la force électromotrice d'induction qui naît aux bornes au moyen d'un appareil convenable, fluxmètre par exemple. L'action du champ magnétique sur la lumière (effet Zeemann) permet d'entreprendre l'étude des champs inaccessibles, comme en astrophysique.

Les procédés que nous venons de passer sommairement en revue font appel à des principes tout à fait classiques.

Les progrès de la physique moderne dans la connaissance de la nature intime de la matière apportent de nouveaux moyens d'aborder certaines grandeurs physiques. Il en est ainsi en ce qui concerne le champ magnétique, les recherches effectuées dans le domaine du magnétisme atomique fournissent le principe d'une méthode de mesure entièrement nouvelle. Nous allons tracer une rapide esquisse des résultats de ces recherches en nous limitant à ce qui est nécessaire pour comprendre l'application à la mesure de champs.

Magnétisme attaché au spin des protons. — Le proton est le noyau de l'atome d'hydrogène. Il possède un moment cinétique constant qui est son spin (*to spin :* tourner comme un fuseau). On peut, si l'on tient à une image concrète, se le représenter comme une sphère animée d'un mouvement de toupie. Le proton se comporte d'autre part comme un petit aimant, il possède un moment magnétique constant que nous désignerons par μ_P. La théorie des quanta montre que dans une région de l'espace où règne un champ magnétique, le spin et le moment magnétique ont la même direction (ce qui revient à dire que l'axe d'aimantation et l'axe de rotation dans l'image que nous avons utilisée plus haut coïncident). Le spin et le moment magnétique ne peuvent donc occuper l'un par rapport à l'autre que deux positions; dans l'une ils ont même

sens, et dans l'autre des sens opposés, on les dit respectivement *parallèles* et *antiparallèles*. Si nous considérons un proton dans une région de l'espace où règne une induction B_0, pour provoquer le passage de l'état parallèle à l'état antiparallèle il faut fournir une énergie $\Delta E = 2\mu_P B_0$.

Nous dirons que le niveau d'énergie de l'état antiparallèle est supérieur de $2\mu_P B_0$ au niveau d'énergie de l'état parallèle. La répartition des protons entre les deux états d'énergie obéit à la loi de Boltzmann. Selon cette loi, le nombre de particules se trouvant à un état d'énergie E est proportionnel à $e^{-E/kT}$; e est la base des logarithmes népériens, k la constante de Boltzmann et T la température absolue. Si N^+ est le nombre de protons à l'état antiparallèle et N^- le nombre de protons à l'état parallèle, nous aurons donc : $N_+/N_- = e^{-\Delta E/kT}$, avec $\Delta E = 2\mu_P B_0$; d'où : $N^+/N^- = e^{-2\mu_P B_0/kT}$ ($N^+ < N^-$).

Un calcul simple montre qu'il y a presque autant de protons au niveau d'énergie supérieur (état antiparallèle) qu'au niveau d'énergie inférieur (état parallèle).

Résonance protonique. — Superposons maintenant au champ uniforme et constant B_0 un faible champ alternatif sinusoïdal de fréquence ν ; sa valeur à l'instant t sera $B_1 \cos 2\pi\nu t$. C'est un résultat bien connu de la théorie des quanta qu'un tel champ ne peut délivrer de l'énergie que par multiples entiers de la quantité $h\nu$ dans laquelle h est la constante de Planck et ν la fréquence du champ. On exprime ce fait en disant que *l'énergie fournie par le champ est quantifiée*. Nous avons vu d'autre part que le spin exige pour passer de l'état parallèle à l'état antiparallèle une énergie $2\mu_P B_0$. On montre que la probabilité pour que ce passage s'effectue est maximum lorsque le champ B_1 fournit l'énergie par quanta égaux à l'énergie absorbée par un spin pour passer de l'état parallèle à l'état antiparallèle, c'est-à-dire lorsque l'égalité $h\nu = 2\mu_P B_0$ se trouve vérifiée. On dit alors qu'il y a *résonance*.

Si nous sommes capables de mettre en évidence l'énergie fournie par le champ B_1 de fréquence variable à un groupe de protons, nous constaterons que cette énergie passe par un maximum accusé pour la fréquence ν et nous serons avertis par l'obtention de ce maximum que l'égalité $h\nu = 2\mu_P B_0$ est réalisée. Connaissant h, μ_P et ν nous aurons alors : $B_0 = 2\mu_P/h\nu$.

Ce phénomène fournit donc un moyen d'atteindre la grandeur du champ B_0, pourvu que l'on connaisse h et μ_P et que l'on réalise une mesure de ν. L'intérêt en réside dans le fait que la bande d'absorption de l'énergie est un repère très précis.

On sait, d'autre part, mesurer sans trop de peine et avec une grande précision des fréquences élevées. L'utilisation de ce procédé conduit donc à des résultats beaucoup plus précis que les procédés de mesure traditionnels.

On compare facilement les grandeurs B_0 et B'_0 de deux champs en mesurant les fréquences de résonance ν et ν'. On a alors : $B_0\nu = B'_0\nu'$. Mais la mesure absolue d'un champ B_0 n'est pas plus difficile à obtenir ; h et μ_P sont en effet connus avec une grande précision.

Mesure du moment magnétique du proton. — La valeur de μ_P a été déterminée avec une grande précision par Bloch et Jeffries. Le principe de la mesure était le suivant : les protons portent une charge électrique ; lorsqu'ils se déplacent dans un champ magnétique ils sont soumis à une force qui leur impose un mouvement uniforme sur une trajectoire circulaire. La fréquence avec laquelle cette trajectoire est décrite est liée au champ B_0 par la relation : $\nu_c = eB_0/2\pi M_P$, dans laquelle e est la charge et M_P la masse du proton. Si le champ est celui qui règne dans l'entrefer d'un cyclotron, ν_c sera la fréquence de la tension à appliquer aux électrodes pour que le cyclotron accélère les protons. Bloch et Jeffries ont utilisé un petit cyclotron réalisé de façon que le champ dans l'entrefer soit très homogène, puis ils ont opéré une mesure de résonance protonique dans l'entrefer de ce cyclotron. ν_r étant la fréquence de résonance mesurée, on a $\nu_r = 2\mu_P B_0/h$, d'où l'on tire, avec la relation qui donne ν_c :

$$\frac{h}{2\mu_P} = \frac{\nu_c}{\nu_r} \cdot \frac{2\pi M_P}{e}.$$

h/μ_P est donc connu indépendamment de B_0 ; la précision atteint 1/10 000. Accessoirement, la connaissance de h permet de tirer μ_P.

Valeur de l'énergie absorbée. — Nous avons vu qu'il y a une certaine probabilité pour qu'un spin parallèle absorbe un quantum d'énergie et se transforme en spin antiparallèle. Mais la même probabilité existe pour qu'un spin antiparallèle se transforme en spin parallèle *en fournissant au champ alternatif un quantum d'énergie égal au quantum absorbé* dans la transformation inverse. Cette libération d'énergie porte le nom d'*émission stimulée*. L'absorption et l'émission stimulée sont proportionnelles au nombre de quanta que le champ peut fournir. Au total, l'absorption d'énergie sera égale à la différence entre l'énergie absorbée par les spins parallèles et l'énergie émise par les spins antiparallèles.

Or, la loi de Boltzmann nous a montré que le nombre N^- de spins parallèles est supérieur au nombre N^+ de spins antiparallèles. Le nombre de spins parallèles qui se transforment en spins antiparallèles est donc au début supérieur au nombre de spins parallèles qui subissent la transformation inverse, et par conséquent il y a absorption d'énergie, mais au cours du phénomène N^- décroît tandis que N^+ croît ; on tend donc vers l'état pour lequel l'absorption d'énergie serait nulle. D'autre part nous avons vu que N^+ est peu différent de N^-, l'absorption d'énergie resterait donc faible et tendrait rapidement vers zéro si un autre phénomène n'intervenait pas. En fait, en l'absence de ce phénomène secondaire elle passerait pratiquement inaperçue. Mais les spins peuvent passer de l'état antiparallèle à l'état parallèle par un autre mécanisme.

En effet, les protons possèdent une agitation thermique ; la somme de l'énergie cinétique de tous les protons dans cette agitation désordonnnée et permanente est égale à l'énergie que l'ensemble des protons détiennent sous forme de chaleur. La théorie cinétique des gaz a rendu classique cette correspondance entre l'énergie calorifique emmagasinée par un gaz et l'énergie cinétique totale correspondant aux mouvements désordonnés de ses molécules. Un spin à l'état antiparallèle est susceptible de fournir de l'énergie à l'agitation thermique pour passer à l'état parallèle, et ce phénomène tend à rétablir la distribution de Boltzmann initiale. En moyenne, les spins fournissent donc de l'énergie à l'agitation thermique. En termes globaux cela revient à dire que l'énergie fournie par le champ contribue finalement à chauffer les protons. Cette énergie sera d'autant plus grande que le passage de l'état antiparallèle à l'état parallèle avec fourniture d'énergie thermique sera plus facile.

Dans la pratique les protons que l'on met en résonance sont les noyaux des atomes d'hydrogène contenus dans une petite quantité d'eau. Si l'eau est pure, le passage de l'état antiparallèle à l'état parallèle s'effectue difficilement. On le facilite et par conséquent on augmente l'absorption d'énergie en additionnant l'eau d'une petite quantité d'ions paramagnétiques (solution d'un sel de fer trivalent ou de manganèse), et cet artifice rend le repère suffisamment net.

Précision du repère : largeur des bandes d'absorption. — Le champ dans lequel sont plongés les protons résulte du champ B_0 et des champs locaux créés par les ions paramagnétiques qui ont été introduits. Les ions paramagnétiques créent en effet, localement, des champs intenses, fortement inhomogènes et variables dans le temps. Au total, le champ qui agit sur un proton accuse donc une certaine dispersion autour de la

valeur B_0. Il en résulte que la résonance commence à apparaître pour une fréquence qui correspond à $B_1 < B_0$ et ne disparaît complètement que pour $B_2 > B_0$.

Nous pourrons définir la largeur de la bande d'absorption soit comme la différence des fréquences extrêmes pour lesquelles on aperçoit encore l'absorption, soit comme la différence $B_2 - B_1$ des intensités correspondantes des champs. C'est ce second aspect qui est le plus intéressant puisque $B_2 - B_1$ définit la

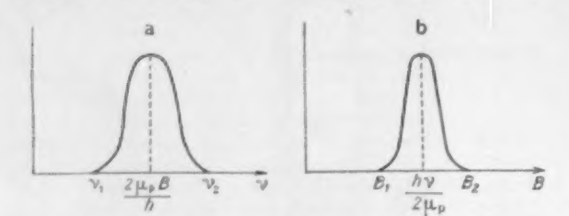


Fig. 1. — *Largeur des bandes de résonance de protons placés dans un champ magnétique B et un champ alternatif de fréquences ν superposés et perpendiculaires.*

En *a* : B étant constant, la résonance apparaît pour des fréquences comprises entre ν_1 et ν_2 ; en **b** : ν étant constant, la résonance apparaît pour des valeurs du champ comprises entre B_1 et B_2 (D'après la *Revue technique Philips*, t. **14**, n° 11).

largeur de l'intervalle à l'intérieur duquel on est sûr de trouver B_0 et fournit, par conséquent, une limite de la précision de la méthode (fig. 1). Pour l'eau pure, la largeur de la bande d'absorption vaut 10^{-2} gauss.

L'addition d'ions paramagnétiques a pour effet d'élargir cette bande, ce qui est normal puisque nous avons vu que les ions paramagnétiques produisaient une dispersion des valeurs locales du champ. La largeur de la bande d'absorption atteint alors 0,1 gauss. La résonance protonique fournit donc un repère d'une acuité extraordinaire. Il n'y a pas intérêt, en général, à essayer de rendre ce repère plus aigu; en effet, la largeur 0,1 gauss de la bande d'absorption est de l'ordre des inhomogénéités des champs intenses que l'on se propose de mesurer, même lorsque ces champs sont très homogènes.

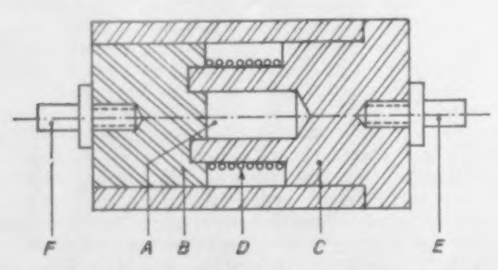


Fig. 2. — *Schéma du dispositif de mise en résonance des protons.*

La solution d'ions paramagnétiques est contenue dans une cavité ménagée entre deux pièces de matière plastique (« Perspex »). A : solution de sel de fer trivalent ou de manganèse ; B et C : pièces de Perspex ; D : bobine de l'oscillateur ; E et F : bornes de la bobine.

Dispositif expérimental. — Les laboratoires de la firme Philips, à Eindhoven, ont réalisé un ensemble de mesures utilisant le principe de la résonance protonique selon un schéma qui fut déjà utilisé par Pound et Knight. Une bobine, dont le noyau est un petit récipient cylindrique en matière plastique, est fixée dans un support plat (fig. 2). Ce support plat est plongé dans le champ magnétique à mesurer de façon que sa surface soit perpendiculaire aux lignes de forces. La bobine fournit alors le champ alternatif perpendiculaire au champ à mesurer. Le récipient est rempli d'une solution diluée de sulfate de manganèse dans l'eau. La bobine fait partie d'un circuit oscillant de fréquence ajustable construit de façon à être juste à la limite de l'entretien. Dans ces conditions, le faible amortissement supplémentaire créé par l'absorption d'énergie à la résonance a une influence mesurable sur la tension aux bornes du circuit oscillant. Pour élargir le domaine de mesure on utilise trois bobines interchangeables, dont chacune correspond à un domaine de mesure différent.

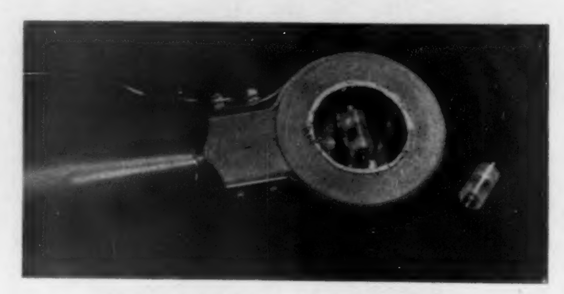


Fig. 3. — *Bobine de résonance protonique.*

La bobine schématisée par la figure 2 est montée au centre d'un support plat. La bobine créant le champ auxiliaire B8 est enroulée sur le support. Pour réaliser la mesure on introduit l'ensemble dans le champ à mesurer en le saisissant par la poignée. A droite, une autre bobine correspondant à un autre domaine de mesure.

(*Photo* PHILIPS).

Le support de la bobine est de plus entouré d'un enroulement circulaire plat (bobine auxiliaire) dans lequel on fait passer pendant la mesure un courant alternatif de fréquence 50 c/s. Ce courant crée dans la région de la bobine de mesure un champ alternatif sinusoïdal de fréquence 50 c/s et d'amplitude B_s; l'induction à l'endroit où se fait la mesure varie alors entre $B_0 + B_s$ et $B_0 - B_s$, B_0 étant la valeur à mesurer. Si la fréquence ν est telle que $B_0 - B_s < h\nu/2\mu_P < B_0 + B_s$, on observe deux absorptions d'énergie par période, puisque la condition de résonance $\nu = 2\mu_P B/h$ est satisfaite deux fois par période, aux instants t_1 et t_2.

A ces instants, la tension aux bornes du circuit oscillant varie d'une certaine quantité, ce qui revient à dire que l'amplitude du signal aux bornes du circuit oscillant est modulée, la fréquence fondamentale de cette modulation étant 50 c/s. On amplifie le signal ainsi modulé et on détecte la modulation. Le signal détecté ne se compose plus alors que des pointes de modulation éventuelles.

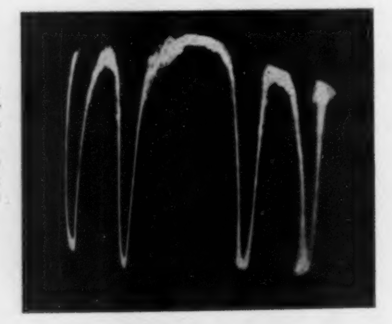


Fig. 4. — *Pointes d'absorption sur l'écran de l'oscillographe cathodique.*

La fréquence de balayage étant ici de 25 c/s, on voit deux paires de pointes d'absorption.

(*Photo* PHILIPS).

Le signal est encore amplifié puis il attaque un oscillographe cathodique, dont le balayage est synchronisé à la tension à 50 c/s qui alimente la bobine auxiliaire. Lorsque la condition de résonance est satisfaite, on voit sur l'écran de l'oscillographe deux pointes d'absorption (fig. 4).

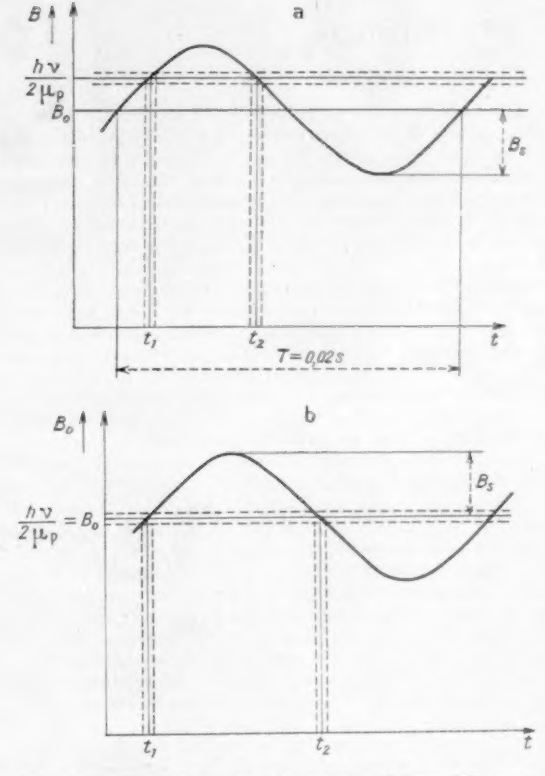


Fig. 5. — *Superposition d'un champ alternatif basse fréquence au champ à mesurer.*

La bobine auxiliaire permet de superposer au champ à mesurer un champ alternatif sinusoïdal d'amplitude B_s. Le champ dans lequel résonnent les protons varie alors entre $B_0 + B_s$ et $B_0 - B_s$ (sinusoïde en trait plein). La fréquence ν du champ alternatif à haute fréquence étant fixée, la résonance apparaît quand la valeur de B est comprise entre les ordonnées des droites pointillées horizontales, soit au voisinage des instants t_1 et t_2. En **a** : $B_0 \neq h\nu_0/2\mu_P$; les valeurs de t_1 et t_2 se rapprochent et tendent à se confondre lorsqu'on diminue Bs ; sur l'écran de l'oscillographe les pointes d'absorption viennent se confondre puis disparaissent. En **b** : ν est tel que $B_0 = h\nu_0/2\mu_P$ les pointes d'absorption restent immobiles lorsque l'amplitude de la fluctuation décroît.

La mesure de l'induction B_0 est alors conduite de la façon suivante. On fait décroître lentement le courant dans la bobine auxiliaire. Si la fréquence ν est trop élevée, on voit les deux pointes d'absorption s'approcher l'une de l'autre et disparaître. Si la fréquence ν a la valeur $\nu_r = 2\mu_P B_0/h$, les pointes restent immobiles et s'élargissent. Il s'agira donc de donner à la fréquence ν une valeur telle qu'on observe ce dernier phénomène lorsqu'on fait décroître B_s (fig. 5). On mesurera alors ν_r avec précision par comparaison avec un générateur étalonné; B_0 sera enfin donné par $B_0 = h\nu_r/2\mu_P$. Il est relativement facile d'effectuer cette mesure de fréquence avec une précision de 1/10 000.

La firme Philips a réalisé deux ensembles de mesure (fig. 6) dont l'un couvre le domaine d'intensité compris entre 1 600 et 8 200 gauss (ce qui correspond à des fréquences d'oscillation comprises entre 6,8 et 35 Mc/s) et dont l'autre permet de mesurer des inductions dont la valeur atteint 14 000 Gs (60 Mc/s). Il est probable que la méthode est applicable au moins entre 100 Gs, limite inférieure, et 20 000 Gs, limite supérieure.

La précision de la mesure permet d'accéder à l'étude de phénomènes difficilement visibles par d'autres méthodes. C'est ainsi que les ensembles de mesure Philips ont permis de contrôler les fluctuations du champ dans l'entrefer d'un grand aimant permanent de Ticonal destiné à l'étalonnage des bobines de fluxmètre : il y a là une possibilité nouvelle pour déterminer les actions réversibles et irréversibles des cycles de températures. Mais la plupart des applications ne nécessitent pas autant de précision. La méthode restera cependant intéressante, même dans ce cas, par sa commodité de mise en œuvre, une fois l'appareillage mis au point, et par l'étalement considérable du domaine de mesure. Elle fournit d'autre part une technique extrêmement sûre et fidèle pour l'étalonnage des appareils de mesure qui utilisent d'autres principes.

ANDRÉ LAROCHE.

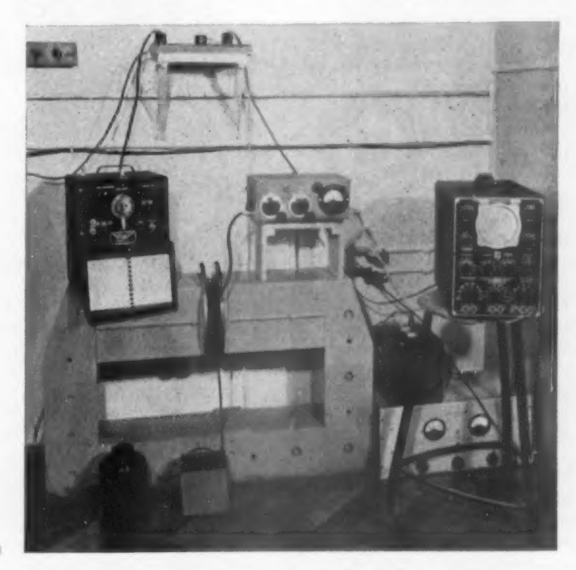


Fig. 6. — *Vue d'ensemble de l'appareillage de mesure, utilisé ici au contrôle du champ dans l'entrefer d'un grand aimant permanent.*

La bobine de mesure est placée dans l'entrefer ; sur le pôle de droite est posé l'appareil électronique et sur celui de gauche l'ondemètre qui permet la mesure de la fréquence ν. A droite, sur un trépied, est disposé l'oscillographe et au-dessous de l'oscillographe on aperçoit les dispositifs d'alimentation (*Photo* PHILIPS).

La radioactivité au service de l'automatisme

L'Institut de Physique chimique de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S. a créé une installation originale pour régler le fonctionnement des machines à travailler le coton.

On place sous une couche de coton animée d'un mouvement continu une plaque métallique recouverte d'une substance radioactive. Cette substance émet des électrons qui traversent la couche de coton, en nombre plus ou moins grand suivant son épaisseur. Arrivant dans une chambre spéciale, les électrons provoquent l'ionisation de l'air, le rendant conducteur d'électricité. Un courant électrique passe dans la chambre et faiblit ou se renforce selon l'épaisseur de la couche de coton. A l'aide de dispositifs automatiques spéciaux, le courant règle la vitesse du tambour de la machine. De la sorte, le filé devient plus égal et les malfaçons sont évitées.

En janvier dernier, la nouvelle installation a été montée dans un atelier de la fabrique de Glaukhovo.

LA SOCIABILITÉ ANIMALE

4. Communication et langage [1]

Pour aborder sérieusement le problème du *langage animal*, il faut dissiper un certain nombre d'équivoques. Ce n'est pas parce que les hommes et les animaux supérieurs peuvent « se comprendre », sans avoir besoin de l'anneau enchanté du roi Salomon, que la communication homme-animal est du même ordre que la communication des hommes entre eux. Ce n'est pas, inversement, parce qu'il n'y a chez aucun animal de type d'expression analogue à la *parole* humaine qu'il faut conclure à l'inexistence d'un langage animal.

De Montpellier, après avoir établi la pauvreté de la pensée symbolique chez l'animal (voir à ce sujet *La Nature*, février 1954, p. 64), et admis que « c'est évidemment dans le langage que la fonction symbolique se présente sous la forme la plus parfaite », laisse d'emblée « prévoir une réponse négative » à la question : Y a-t-il un langage animal ? Or : 1° il n'est aucunement certain que le langage eidétique et conventionnel propre à l'homme soit la seule forme possible de langage, ni même la plus parfaite; 2° le langage humain n'est pas fait uniquement de mots ayant pour but de communiquer un contenu conceptuel : il est fait aussi de gestes, d'attitudes, d'interjections à valeur émotionnelle, bref de *formes de comportement expressives*, non sans parenté avec certaines formes expressives du comportement animal. C'est pourquoi il est de mauvaise méthode de partir du langage humain sous sa forme la plus élaborée pour se demander ensuite si les animaux ont, ou n'ont pas, les embryons d'un langage de ce genre. Au contraire, la voie d'accès la plus obvie au problème consiste à prendre pour point de départ la structure de la *communication en général*, quitte, ensuite, à chercher ce qui, sur ce point précis, différencie l'homme de l'animal.

Que l'homme et l'animal puissent entrer en communication, cela est incontestable. Lorenz écrit : « Le roi Salomon causait avec les animaux, les oiseaux, les poissons, les reptiles; je peux le faire également, non pas avec toutes les bêtes, comme le vieux roi, mais avec certaines espèces. » Mais il ne s'ensuit nullement que lorsque nous « communiquons » avec un animal, ce dernier « pense » en communiquant avec nous ce que nous « pensons » en communiquant avec lui. Le réflexe anthropomorphique doit être banni. Et, *a fortiori*, il faut se garder de projeter, dans les conditions de communication des animaux entre eux, soit ce que nous imaginons être leur mode de communication avec nous, soit celui qui est nôtre, dans nos sociétés d'hommes. On revient toujours au besoin d'une analyse préalable du mécanisme de communication.

Définition de la communication. — La communication se définit par l'*émission* et la *réception* de *signes*. Que ces signes soient des gestes corporels, des cris, des mots, leur fonction est de « jeter un pont » entre les individus, en permettant que l'action de l'agent « émetteur » soit une *information* qui guide et oriente l'action, la *réponse* de l'agent récepteur. Lorsque la poule glousse et appelle ses petits, on se trouve en présence d'un cas de communication parfait en son genre, puisque le gloussement informe les poussins de l'action demandée par la poule. On se trouve également devant un cas parfait en son genre lorsque une mère appelle ses enfants qui jouent dans la cour, au moment du repas. Il y a donc communication dès qu'un mode de comportement que nous appelons « signe » est émis et compris.

1. La sociabilité animale : 1. Les groupes sociaux et leur structure, *La Nature*, n° 3241, mai 1955, p. 180 ; 2. Phénomènes sociaux et vie sociale, juin 1955, p. 234 ; 3. Instincts sociaux et intelligence sociale, juillet 1955, p. 264.

Mais cette définition ne préjuge aucunement de la forme et de la matière de la communication. En particulier, il y a des formes *conscientes* et des formes *inconscientes* de communication. Le bâillement « indique » l'ennui sans être voulu par celui qui bâille; beaucoup de nos actes nous désignent, nous expriment, sans intention de notre part. Le caractère intentionnel de la communication ne lui est donc pas essentiel : il ne faut pas l'oublier si l'on veut comprendre quoi que ce soit aux formes inférieures du langage animal. D'autre part, le contenu de la communication peut être d'ordres très divers, sans affecter davantage le fait même qu'il y a communication : le professeur de mathématiques qui explique la démonstration d'un théorème à ses élèves, le joueur de tennis qui s'écrie « out » lorsqu'une balle dépasse les limites du court utilisent un « langage » mais veulent exprimer des choses bien différentes. Il faut bien se dire que nous ne comprenons et n'exprimons que ce que nous pouvons exprimer et comprendre : cela est vrai de l'animal comme de l'homme.

Enfin, il est possible de classer les divers types de communication en fonction des *moyens* qu'elle emploie. La musique, la peinture, au même titre que les mots et les mimiques, forment un aspect du langage humain. Les cris, les chants, les danses même sont pour l'animal des moyens de jeter un pont entre lui et autrui; moyens très divers, mais qui lui permettent de s'intégrer à un tout, le tout des autres animaux de même espèce, et aussi le tout des autres animaux en général. On ne s'étonnera pourtant pas que ce soit chez les animaux sociaux, vivant en groupe, que l'on trouve les modes de communication les plus riches.

Nous allons nous demander, en étudiant tour à tour le *langage instinctif*, le *langage appris*, et la *parole*, quels sont les divers moyens, les diverses formes, et les divers contenus du langage animal.

Langage et codes de signaux innés. — Les espèces animales évoluées possèdent toutes des codes de signes qui provoquent des réactions instinctives et sont issus de réactions instinctives. Ainsi en est-il du *cri d'alarme* dans les espèces grégaires, à l'approche de l'ennemi. Tous les individus de l'espèce ont la faculté d'émettre ces signaux comme de les comprendre, c'est-à-dire d'y répondre, émission et compréhension étant quelque chose d'obligatoire, d' « automatique ». On peut ranger les réactions ayant la valeur de signaux en quatre groupes : 1° réactions signalant la présence d'un danger et déclenchant un comportement de fuite; 2° réactions signalant la présence de nourriture et déclenchant un comportement d'approche; 3° réactions signalant la présence du partenaire sexuel et déclenchant un comportement d'approche; 4° réactions signalant la présence d'une attitude d'agression et déclenchant un comportement de combat ou de fuite. Mais cette classification, que nous empruntons à de Montpellier, n'est pas exhaustive, en particulier parce qu'elle ne fait pas état des phénomènes compliqués qui constituent le code des Insectes.

Prenons par exemple la danse des abeilles, étudiée par Von Frisch, à laquelle nous faisions allusion dans notre précédent article. Lorsque des butineuses qui reviennent à la ruche ont découvert une source de provende, leur danse indique aux ouvrières inemployées non seulement la distance et l'orientation de la source, mais encore sa nature. On observe en effet que trois ou quatre abeilles suivent la butineuse dans toutes ses évolutions, en tâtant son abdomen de leurs antennes; et ce sont ces abeilles qui, quelques minutes plus tard, partiront comme des flèches en direction de la nourriture. « L'abeille,



Fig. 1. — *Schémas de la « danse circulaire » et de la « danse frétillante » de l'abeille, d'après von Frisch.*

A gauche, danse circulaire, exécutée par une ouvrière pour signaler la présence de nourriture à moins de 100 m environ de la ruche. A droite, danse frétillante avec vibrations transversales de l'extrémité de l'abdomen, qui signale de la nourriture plus éloignée.

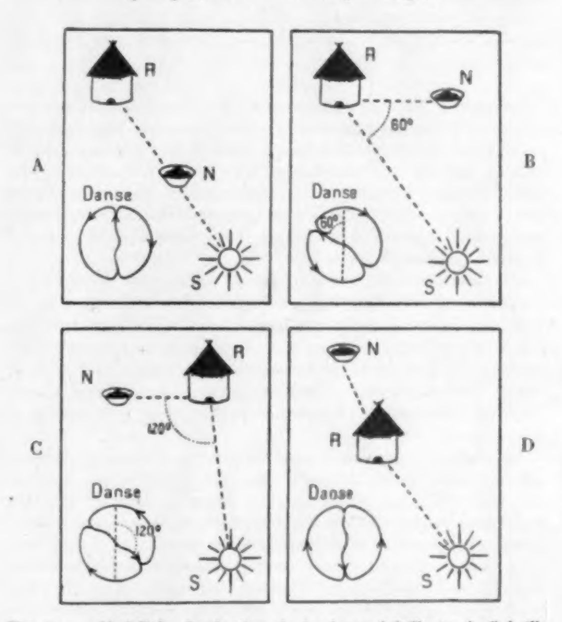


Fig. 2. — *Modalités d'exécution de la danse frétillante de l'abeille.*

L'ouvrière qui a découvert de la nourriture à plus de 100 m de la ruche ne se borne pas à en signaler la présence à ses compagnes. La distance du butin est donnée par le rythme de la danse (40 tours/minute pour 150 m). La direction est indiquée, dans le cas d'une danse effectuée sur une surface horizontale, par l'angle que fait la barre du huit avec la direction du soleil, pris comme point de repère (A). Dans le cas d'une danse effectuée sur une surface verticale, l'abeille transforme l'angle fait avec le soleil en un angle avec la direction de la pesanteur : le diamètre est parcouru verticalement vers le haut quand la provende se trouve dans la direction du soleil (B), verticalement vers le bas quand elle se trouve dans la direction inverse (C) ; un angle de $n°$ avec la verticale sur la droite, vers le haut, indique alors une source de nourriture sur une direction à $n°$ à droite du soleil (D).

(D'après K. von Frisch, modifié par Chauvin, 1949 ; *Traité de Zoologie* de P.-P. Grassé, Masson, Paris).

écrit Chauvin à ce sujet, peut donc, dans son langage dansé, faire comprendre à ses congénères une « phrase » aussi compliquée que celle-ci : attention ! nourriture dans des phlox à 1 000 m, à 35° à gauche par rapport au soleil » (fig. 1 et 2).

On trouve chez les Fourmis et les Termites des modes de communication par l'intermédiaire de perceptions tactiles ou olfactives qui sont autant de signaux innés. « Dans les batailles que se livrent parfois les diverses colonies d'une même espèce, raconte Julian Huxley ([1]), les fourmis d'un camp ne se distinguent de celles de l'autre par aucune coloration ni aucune désignation particulière, et il n'existe pas non plus de cri de ralliement. Un attouchement des antennes, on l'a constaté, et aussitôt la question est tranchée » (fig. 3). Malheureusement,



Fig. 3. — *Le « langage » des fourmis.*

Deux ouvrières du genre *Formica* se mettent en communication tactile et olfactive (d'après J. Huxley, *op. cit.*).

il nous est bien difficile d'élucider exactement comment s'effectue la communication, nécessité vitale dans les communautés d'insectes. Il ne sert guère d'énumérer les stimuli chimiques, auditifs, visuels qui interviennent, et on ne peut aboutir plus loin qu'à la constatation de certains faits : rapports reliant les circonstances à une émission, relation entre cette dernière et la réaction des congénères. Buytendijk a raison d'écrire : « Cette impossibilité de comprendre le lien qui noue l'émission aux autres expressions des insectes est due, en premier lieu, au fait que le comportement de ces animaux manque pour nous entièrement de transparence. »

Avec les oiseaux nous pénétrons dans un monde qui paraît moins étranger. On peut distinguer à leur sujet trois sortes de langage : les cris, le chant, les parades, à quoi il faudrait ajouter des bruits, comme le claquement de bec des cigognes, qui communiquent entre elles grâce au bruit de bois sec entrechoqué de leurs mandibules. Le chant des oiseaux est, on le sait, d'origine sexuelle. Il fait partie de la recherche de la femelle et les femelles viennent au chant du mâle. Il y a des chants inquiets, coléreux, victorieux, au moment de l'accouplement, selon que l'oiseau recherche une compagne, provoque un rival ou vient de mettre en fuite un autre rival ; quand la femelle couve, le chant devient plus calme, et l'oiseau chante toujours à proximité du nid. Les atttitudes multiples qui constituent la « parade nuptiale » sont des sortes de signaux visuels, indispensables à la bonne marche des opérations, que l'école de Tinbergen appelle « évocateurs » : on peut les considérer comme un langage instinctif. Les ouvrages traitant des mœurs des oiseaux sont remplis d'exemples de ce genre.

Les singes ont un vocabulaire, fait de cris et de mimiques, qui ressortit aux interstimulations de type instinctif. On verra tout à l'heure le problème que pose chez eux l'absence de la *parole*.

Il n'est en général pas sorcier, pour ceux qui vivent au contact quotidien des animaux supérieurs, mammifères, oiseaux, reptiles, de connaître le vocabulaire de quelques espèces d'animaux. Certains signaux sont d'ailleurs *inter-spécifiques*, c'est-à-dire qu'ils sont compris par d'autres espèces (attitudes d'intimidation, et surtout cris de peur, etc.). Quand un rapace est signalé par le cri d'un seul passereau, tous les oiseaux se tapissent et se taisent. Aussi bien dans tous les pays du monde, il y a des oiseaux avertisseurs ou indicateurs. Quoi qu'il en soit, l'homme, en apprenant à connaître le code de communication instinctif de nombre d'animaux, peut imiter certains cris, et provoquer ainsi des réactions déterminées. Ainsi font les braconniers pour appeler d'innocents oiseaux.

« Nous pouvons parler aux animaux, écrit Lorenz, dans la

1. *Les voies de l'instinct : Fourmis et Termites*, par Julian Huxley. Traduction française de William Perrenoud. 1 vol. 13,5×18, 104 p., 47 dessins et photos. A la Baconnière, Neuchâtel, et Société française du Livre, Paris, 1955. Prix : 585 F.

mesure de nos moyens d'expression physiques et dans celle où ils sont prêts à entrer en contact avec nous. » Ces deux conditions ne sont évidemment pas toujours faciles à remplir : d'une part, l'imitation doit être aussi parfaite que possible, car l'appareil récepteur des animaux est en général plus développé que chez l'homme, et les stimuli auxquels ils sont sensibilisés sont étroitement déterminés (des recherches précises, dues à l'école de Pavlov, ont montré quelles étaient les incroyables nuances de la perception auditive chez les chiens). D'autre part, bien des animaux sauvages ne répondront à nos imitations que si une intimité psychologique suffisante s'est établie préalablement avec eux ; or on sait combien il est délicat de mettre des bêtes sauvages, même devenues captives, dans un climat de confiance.

Mais il ne faut pas se leurrer. La communication par signaux instinctifs n'implique encore *aucune intention d'expression.*



Fig. 4. — *Communication homme-animal.*

On voit ici Jacques Bouillault, et son Aigle des Mers, « Colibri », au zoo du « Tertre Rouge », près de La Flèche. L'animal est si parfaitement apprivoisé et dressé qu'il passe de longs moments à « jouer » et à « parler » avec son maître.

(*Photo* A. Proux, La Flèche).

La preuve en est que, si l'homme utilise parfois le vocabulaire d'une espèce animale, ce n'est pas pour « dire » quelque chose à un animal, mais pour provoquer une réaction de sa part. Lorsque Lorenz, dans un amusant chapitre de son livre, raconte comment il se faisait suivre par une bande de canetons sauvages en imitant le « quehgegegeg » de la cane, il raconte précisément comme il émettait le stimulus qui provoque une réaction normale et automatique, et non pas comment il conversait avec les canetons. Cris, chants, attitudes « évocatrices » sont effectués sans que l'animal veuille exprimer quoi que ce soit, ou ait l'intention consciente d'influencer un congénère. Il se trouve simplement qu'à un moment donné la « situation » provoque en lui un réflexe qui joue le rôle de stimulus, d' « émission », pour un autre animal, qui effectue alors, toujours d'une manière automatique, le geste-réponse voulu par la nature.

On pourrait analyser de cette manière la plupart des « dialogues » sexuels, tant chez les insectes que chez les vertébrés, le chant des oiseaux, toutes les expressions et les émissions vocales des singes. Émission et réception ont alors un caractère automatique, et on a raison de dire que les sons émis par les bêtes sont comparables à certains de nos gestes inconscients innés (froncement de sourcils, réflexes de peur, etc.), pourtant compris. Buytendijk montre très bien que nous pouvons avoir des réflexes dénués d'intention consciente, mais qui néanmoins peuvent passer pour un langage. « Si quelqu'un, écrit-il, prétend qu'en criant *Attention!* à telle personne en péril il avait l'*intention* de la prévenir, il faut se demander si vraiment cette intention lui fut, en l'occurrence, présente en tant que processus *séparé;* c'est plutôt la contrainte imposée par la situation tout entière et à laquelle la personne en danger appartient aussi comme une « donnée », qui aura suscité l'interjection. » On voit dans quel sens Lorenz a pu dire que les « mots » des « langages » des animaux « ne sont, pour ainsi dire, que des *interjections* ».

Langage et apprentissage. — Toutefois, on ne peut dire que toute communication, chez l'animal, soit exclusivement « instinctive ». On pourrait citer de nombreux cas où un animal apprend les gestes, les cris qu'il faut utiliser pour influencer les réactions d'un congénère, d'un animal d'une autre espèce, voire de l'homme; et inversement tous les cas où l'animal apprend à réagir de façon nouvelle à des stimuli nouveaux, attitudes, cris, paroles.

L'animal peut d'abord apprendre à *interpréter* des attitudes. Lorsque des animaux d'espèces différentes sont placés ensemble dans une même cage, un *modus vivendi* s'établit en général, fait d'une tolérance réciproque et d'une sorte de compréhension mutuelle. Il y a bien communication du « sens » d'une conduite. Mais de toute évidence ce sens est *vécu* et non *pensé :* c'est un mécanisme d'apprentissage qui entre simplement en jeu.

Ensuite, on a pu citer les cas, très rares, d'animaux d'espèces voisines mais de vocabulaires différents (par exemple un singe d'origine africaine et un singe d'origine asiatique) qui sont parvenus, au bout d'un certain temps, à « se comprendre » après une période d'incompréhension mutuelle Si un singe peut imiter et utiliser le langage instinctif d'un autre singe, c'est qu'un *conditionnement* s'est établi peu à peu. Le singe « élève » a appris qu'un geste, un cri qu'il faisait, déclenchait la réaction désirée de la part du compagnon, et il le répète quand il souhaite obtenir la réaction.

Aussi bien, il n'est qu'à observer le comportement de notre chien familier pour faire l'expérience de ce genre de communication acquise. Voici un chien aboyant devant une porte fermée. Il gémit, court à la porte, et se met à gratter; il se retourne d'un air interrogateur. Ce langage est certainement plus proche du langage humain que celui du choucas qui « émet » le « Kiou » d'alarme en apercevant un rapace. Non seulement, ce que fait le chien est appris et non entièrement instinctif et inné, mais encore cela peut manifester de l'intelligence concrète. Chaque chien a en effet des façons différentes de se faire comprendre de son maître; pour obtenir un résultat déterminé, il emploie des moyens variés, selon les circonstances. Mais on aurait tort de dire, avec Lorenz, que « le chien *veut* vous faire ouvrir la porte », car il faudrait admettre alors que tout apprentissage implique une conduite intentionnelle. Il est plus conforme à la psychologie du *learning* (voir *La Nature*, juin et juillet 1953) de dire, avec de Montpellier, que « la réaction » est ici la conséquence directe du besoin qui se heurte à un obstacle : c'est un genre d'adaptation, de compromis entre le besoin et l'obstacle ». Cette réaction s'accompagne justement de réactions d'adaptation motrice, par exemple gratter à la porte, etc. Elle est exactement du même ordre que n'importe quel résultat d'un dressage. « Faire le beau » avant d'obtenir une récompense, aboyer devant la porte close sont des « moyens » appris, exclusifs de toute représentation

d'un but à obtenir. Ces types de comportement ne sont pas la *traduction* d'un besoin ou d'un désir, mais le *moyen* de le satisfaire. Il n'y a pas de langage, au sens humain du mot; l'animal n'aboie pas *pour* qu'on lui ouvre, mais *parce* qu'il est enfermé.

On nous répondra que les animaux domestiques présentent tous des attitudes de « demande », qui impliquent au moins une fonction de contact réciproque entre l'homme et l'animal. Certainement; et il n'est pas de notre propos de nier l'existence d'une communication, mais simplement d'une communication de style proprement humain. Comme Revesz l'a suggéré, c'est toujours comme moyen, c'est-à-dire comme instrument que l'homme est intégré dans la situation; et les attitudes de « demande » ne sont que la première ébauche d'un comportement d'*utilisation* du moyen, telle que celle-ci peut être réalisée à ce moment par l'animal, eu égard aux conditions du milieu, ainsi qu'à celles de l'organisme : lorsque ces conditions, à la fois objectives et subjectives, le permettent, cette ébauche se transforme en une tentative véritable d'utilisation du moyen, comme par exemple lorsque l'animal s'approche de l'homme et essaye de l'entraîner vers le but convoité. Concluons donc ici encore avec de Montpellier que, si l'animal tourne successivement la tête vers la porte et vers la personne qui se trouve à proximité, « c'est parce que ces objets sont, à ce moment, également convoités, l'un comme but, l'autre comme moyen, c'est-à-dire l'un comme moyen d'atteindre l'autre ». Aucun « message » conscient ne va de l'animal à l'homme.

Le dressage des animaux utilise volontiers des mots, des « ordres », qui sont autant de stimuli conditionnés. C'est que la valeur de signal d'une réaction vocale ou verbale peut être acquise par le processus de conditionnement. Le chien obéit à l'appel de son nom : cependant le chien, pas plus qu'aucun autre animal, ne « comprend » le langage humain. Les mots, dans le dressage, agissent en tant qu'excitants physiques, et n'ont jamais pour lui aucune signification symbolique. Une des preuves nombreuses administrées par Buytendijk est la suivante : si l'on change l'accent ou l'intonation du mot, la réaction risque de ne pas se produire, par contre elle persiste si l'essentiel du complexe auditif est conservé; c'est pourquoi un chien doit s'habituer graduellement aux voix inconnues. Des expériences faites systématiquement par Buytendijk à l'aide d'un haut-parleur et d'un microphone, il résulte que « pour réagir à tel son donné, il faut d'abord que l'animal se trouve dans la situation réactive où ce son se charge d'une portée indicative »; aussi, « ces expériences mettent en lumière l'énorme différence qui distingue la réaction de l'homme à des paroles dont il saisit le sens, et celle de l'animal à des sons humains, qui sont des signaux et se réfèrent directement à tel mode déterminé d'exécution d'un acte ».

D'ailleurs, le dressage utilise non seulement des mots, mais encore des gestes, souvent imperceptibles, qui agissent comme autant de stimuli conditionnés, dont l'efficacité est également limitée d'une manière étroite. Beaucoup d'animaux ont la faculté de percevoir des mouvements excessivement faibles qui échappent à l'œil humain. On connaît les nombreuses histoires d'« animaux calculateurs », et notamment les chiens de Mannheim, les chevaux d'Elberfeld... Vous demandez combien font deux fois deux, le basset vous regarde fixement et aboie quatre fois; vous demandez quelle est la racine de 25, et le cheval Hans frappe cinq fois du sabot. Maeterlinck, dont l'esprit scientifique ne s'est pas toujours manifesté avec grande évidence dans ses écrits, s'y était laissé prendre. Mais déjà Claparède avait vu la vérité (voir ses conclusions dans *Arch. de Psych.*, 1912), ainsi que Brétégnier qui écrivait dans son livre sur *Le psychisme animal* : « Les chiens soi-disant calculateurs ne sont, comme les chevaux d'Elberfels, que des animaux dressés, s'arrêtant de frapper de la patte à un signal d'arrêt, donné consciemment ou inconsciemment, et faisant preuve dans le dressage de beaucoup de mémoire, d'une observation attentive et d'une grande acuité des sens. »

En résumé, les animaux peuvent acquérir : 1° les gestes, les cris, les attitudes qui provoquent *habituellement* un événement correspondant à leurs motivations; alors il n'y a pas communication intentionnelle, ni traduction d'un désir, ni « message », mais simplement réaction-moyen résultant d'un conditionnement; 2° les gestes, les cris, les attitudes répondant *par apprentissage* à l'attitude d'un autre animal, ou à l'attitude, la voix d'un homme; alors, il n'y a pas compréhension d'une intention, ni saisie d'un « message », mais simplement encore conduite résultant d'un conditionnement.



Fig. 8. — *Chez les éléphants du zoo de Vincennes.*
Les éléphants femelles adultes adoptent souvent cette attitude à l'égard des jeunes, qu'ils soient leurs enfants ou non. On l'observe même quand ils appartiennent à des espèces différentes. Il s'agirait d'une caresse, d'un mouvement affectueux de la femelle envers un petit éléphant.
(*Photo* G. Broihanne, Saint-Mandé).

Il y a pourtant, dans les cas précédemment analysés, émission et réception, donc communication. Il y a même une communication plus complexe et raffinée que dans l'utilisation d'un code de signaux instinctifs. Il n'y a pas langage de style spécifiquement humain.

Langage et parole. — Car la différence entre la communication animale et la communication humaine, nous voulons dire *spécifiquement* humaine, porte non seulement sur la forme, mais surtout sur le contenu de la communication. Il y a certaines formes de communication, sur le plan humain, qui ont leur analogie dans le monde animal : ainsi en est-il du « langage émotionnel »; nous pouvons faire connaître notre colère à autrui, et autrui peut savoir que nous sommes en colère, sans qu'aucun mot ne soit proféré. Ce type de langage, partiellement inné, partiellement acquis, existe dans le monde

animal; et c'est même grâce à lui que des espèces différentes peuvent communiquer, en particulier l'homme et l'animal. Le chien en furie n'a pas besoin de me dire qu'il veut m'attaquer pour que je le sache; il utilise des attitudes qui donnent lieu spontanément à l'interprétation nécessaire. Mais précisément, le langage des émotions est propre aux animaux supérieurs, il n'est pas particulier à l'espèce humaine.

Le langage spécifique de l'homme peut être défini : *expression intentionnelle utilisant un code conventionnel fait de mots.* R. Chauvin, dans un article sommaire (Mimique de l'animal et langage de l'homme, dans le recueil *Psychisme animal et âme humaine*, 1953) écrit que le langage humain diffère des modes d'expression que possèdent les animaux parce qu'il « est acquis et non inné », qu'il « exprime autre chose que des sentiments élémentaires », qu'il « est extrêmement compliqué et indéfiniment perfectible ». Il y a du juste dans tout cela, mais Chauvin n'insiste pas assez sur une dernière caractéristique, qu'il met sur le même plan que les autres : *chez l'homme le langage, symbole des objets, s'en est complètement détaché.* Car c'est là l'essentiel. Parole ou écriture, le langage implique non seulement des aptitudes matérielles (vocalisation, habileté manuelle) mais encore l'aptitude à concevoir le contenu représenté par les mots. Or, ce contenu est fait d'idées abstraites et générales, de symboles abstraits, bref, de « concepts »; lorsque je dis à mon voisin : « regardez cet arbre », le mot arbre renvoie à la « notion » d'arbre-en-général, dans laquelle je classe une perception particulière, dès lors que je la « nomme ». Bref, le mot humain se définit par son contenu; il nous représente toujours quelque chose, et quelque chose d'abstrait qui nous sert à subsumer (comme disent les logiciens) le concret. Du point de vue de l'intelligence humaine spécifique : pas de langage sans abstraction. La naissance du langage chez l'enfant est, aussi bien, concomitante de la formation de sa personnalité, et de l'apparition de la *pensée conceptuelle* (voir les travaux de Piaget).

Or, nous savons déjà que la fonction symbolique est quasi-inexistante chez l'animal et qu'on ne peut jamais mettre en évidence la présence de représentations conceptuelles comme moteurs du comportement. Ce simple fait explique la disparité entre communication animale et langage humain. Un singe peut comprendre le rôle instrumental d'un jeton qui permet d'obtenir de la nourriture dans un distributeur automatique : il les thésaurisera et les volera le cas échéant. Mais il ne parlera jamais en utilisant le mot-symbole qui désigne une réalité ; même dans le cas privilégié des singes supérieurs, *les animaux n'ont jamais appris à parler.* Peut-être est-ce, comme le note Chauvin, qu'il n'y a dans le cerveau d'aucun animal d'équivalent au « centre du langage » dans le cerveau humain. Toujours est-il que le Chimpanzé aurait la possibilité « physique » de parler, c'est-à-dire de vocaliser au moins d'une manière rudimentaire, mais, malgré tous leurs efforts, les expérimentateurs n'ont jamais obtenu aucun résultat, comme si l'animal le plus proche de l'homme dans la hiérarchie se refusait obstinément même à imiter les sons humains !

On s'explique à présent que l'animal puisse être dressé à répondre à des paroles, mais qu'en toute rigueur, il ne les « comprenne » pas. C'est qu'émission et réception sont intimement liées dans l'aptitude à la communication : *on ne comprend que ce qu'on peut dire soi-même.* Il faudrait que les animaux supérieurs fussent capables d'utiliser intentionnellement un code conceptuel, pour pouvoir comprendre des signes conceptuels. Or, l'animal reste incarcéré dans un monde concret fait de *choses* qui peuvent lui servir de moyen, mais avec lesquelles il a une sorte d'unité organique qui lui interdit tout « survol ». La parole est étrangère à l'animal parce que, pour parler, il faut se détacher momentanément de l'objet, s'en abstraire, pénétrer dans un monde de notions qui ont un sens en elles-mêmes.

Le cas des perroquets, dressés à émettre des sons, à énoncer des mots ou des phrases illustre tout cela très exactement. Nous avons déjà essayé de répondre à la question : pourquoi les perroquets parlent-ils ? (*La Nature*, décembre 1952, p. 359). Chez eux, les mots correspondent à des attitudes apprises, déclenchées par certains excitants (départ ou arrivée du maître, etc.). Tout le comportement des perroquets montre que jamais ils ne « comprennent » que la réaction verbale *signifie* ou *représente* un objet. Analysant certains cas particulièrement amusants de réaction verbale apparemment adaptée à la situation, Lorenz écrit : « Dans de pareils cas, les amis des bêtes sont prêts à jurer que l'oiseau comprend ce qu'il dit; c'est, bien entendu, complètement inexact; même les oiseaux qui « parlent » le mieux et qui sont parfaitement capables de lier leurs paroles, par association, à des faits bien définis, ne parviennent jamais à se servir de ce talent pour obtenir un résultat, même le plus simple. »

La parole, au sens strict du terme, est donc un mode de communication propre à l'homme, et qui excède tout type de communication observable dans les espèces animales.

Sociabilité et langage. — Ainsi nous revenons à nos réflexions premières. Il y a un langage typique de la société humaine. Mais il ne faut pas, pour cette raison, refuser tout « langage » aux animaux. Réagir contre l'anthropomorphisme en psychologie animale ne doit pas conduire, comme le font certains spiritualistes, à accepter la distinction héritée de Descartes entre l'homme et la bête. Pour ces spiritualistes, les animaux sont des « machines »; foncièrement différents de l'Homme, ils n'ont « point d'âme » : aussi, ils ne parlent ni ne se comprennent entre eux. Or, ce dernier point est manifestement faux : non seulement ils communiquent entre eux, par instinct ou par apprentissage, mais encore ils communiquent avec l'homme. Seulement, cette communication revêt des formes particulières, dont certaines sont d'ailleurs communes à l'homme et à l'animal, et certaines extrêmement différentes (notamment chez les insectes). Il n'y a donc pas *un* mais *des* langages chez les animaux. Certains modes de communication arrivent à atteindre une rare perfection dans les espèces sociales ou au moins chez les sujets d'une même espèce; les espèces différentes elles-mêmes peuvent parfois se comprendre; dans la mesure où elles font partie d'un même tout qui est le « monde animal ». Ceci dit, il ne faut pas ignorer l'existence de profondes *incompréhensions* entre animaux, car de toute manière la communication suit toujours des voies très limitées. Les limites du langage animal correspondent très exactement aux limites de leurs aptitudes sociales qui, nous l'avons vu, doivent presque tout à l'instinct, très peu à l'apprentissage, et rien à l'intelligence.

Mais devons-nous être, nous autres hommes, si fiers de notre intelligence, si fiers de nos capacités à l'abstraction, si fiers de nos sociétés ? S'il reste, comme on l'a dit (M. Chéruzel, *Naturalia*, juin 1955) à écrire la sociologie du monde animal, il reste malheureusement à construire la société des hommes.

JEAN-C. FILLOUX.

Au secours du Grizzli

L'ours grizzli, qui terrifiait les premiers pionniers de l'Ouest américain, réclame aujourd'hui protection : la Colorado Game and Fish Commission vient de réserver dans ce but une région qui sera dénommée « San Juan-Rio Grande Bear Management Area ». Selon les estimations officielles, il ne subsisterait plus que douze à vingt grizzlis dans l'État de Colorado.

La route alpestre du Susten

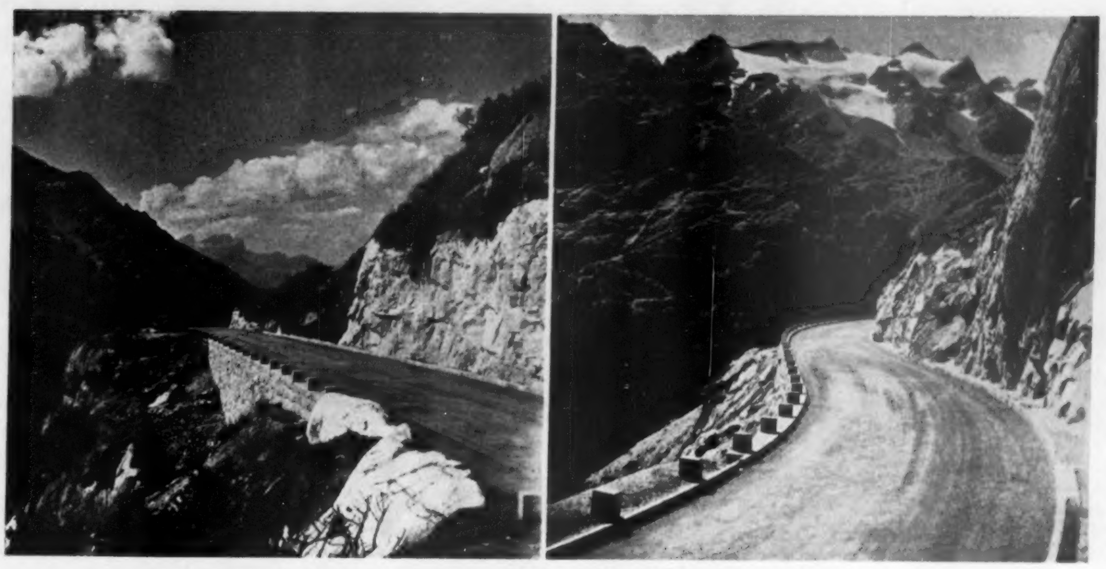


Fig. 1 et 2. — *Sur la route du Susten du côté de Berne.*
(Photos Office central suisse du Tourisme).

« Une œuvre de paix accomplie en des temps difficiles »; telle est l'inscription gravée dans un rocher, le long de la route ouverte par les Suisses, de 1938 à 1945, entre les vallées de la Reuss et de l'Aar. La route du Susten, qui culmine à 2 223 m, est la plus récente des grande routes alpestres d'Europe (1).

Un regard sur la carte montre l'importance de la nouvelle liaison : elle mène directement de Berne à la région tessinoise par le Saint-Gothard (route Berne-Milan); elle relie la plaine suisse, du lac Léman au Jura bernois, au canton éloigné des Grisons. C'est la clé de voûte d'une transversale suisse joignant la frontière française à la frontière autrichienne. Son achèvement renforce le rôle du nœud routier qu'est le massif du Gothard : un nombre impressionnant de cols forme ici le centre des communications alpestres (Furka, Grimsel, Susten, Gothard, Oberalp, Klausen). L'importance de ce « réduit suisse » est considérable, non seulement pour la Confédération, mais aussi pour l'Europe entière.

Conditions naturelles. — De l'Aar à la Reuss, deux vallées s'opposent par leurs têtes, formant un alignement presque parfait est-ouest. Le Gadmental, long de 18 km à vol d'oiseau, porte ses eaux à l'Aar; le Meiental, long de 13 km seulement, descend vers la Reuss et le lac des Quatre-Cantons. Entre ces deux vallées, le Sustenpass n'atteint que l'altitude de 2 259 m.

Gadmental et Meiental sont d'origine glaciaire; ce sont deux belles vallées, aux versants raides, au profil en long coupé de « verrous » que les torrents entaillent profondément. Elles ont été creusées dans la zone de contact entre les roches cristallines des Alpes centrales et les roches sédimentaires des Préalpes. Ainsi s'explique que les versants sud soient généralement granitiques et gneissiques (massif du Sustenhorn), tandis que les sommets du versant nord sont formés de calcaires secondaires et de grès et quartzites tertiaires (Titlis, Gadmenflüh). Les magnifiques escarpement de la Gadmenflüh tombent en un à-pic vertigineux de plus de 1 500 m. Le sommet du col et le haut Meiental sont composés essentiellement de micaschistes.

Le climat est naturellement rude : le total des précipitations avoisine 1,70 m par an, principalement sous forme de neige. Au-dessus de 1 000 m d'altitude, il n'est pas rare de voir la neige tomber en été dans le Meiental. La température moyenne de janvier oscille entre — 2° et — 3°, celle de juillet entre 12° et 15°. Les deux vallées sont abritées des vents froids du nord par l'écran des montagnes; le fœhn souffle souvent et fait fondre la neige au printemps. Il est alors interdit de fumer, la moindre étincelle pouvant provoquer un incendie, tellement la sécheresse de l'air est grande. Le fœhn apporte le soleil, mais aussi déclenche les avalanches, si redoutées des montagnards : en 1808, une avalanche fit 22 morts dans le Gadmental; tandis qu'il n'existe pas moins de quarante-deux couloirs d'avalanches dans le Meiental, si connus qu'ils possèdent chacun leur nom. Les ouvrages de protection ont coûté des millions de francs suisses, et cependant ils ne sont pas à même d'écarter tout danger. Le tracé de la route a été influencé par la disposition de ces couloirs d'avalanches, qu'il a fallu éviter.

L'économie traditionnelle. — Le tourisme a transformé l'économie des deux vallées. Autrefois, les ressources étaient maigres, particulièrement dans le Meiental. Du haut du Sustenpass, le contraste reste frappant entre les deux vallées : le Meiental dénudé, sombre, plongé souvent dans un brouillard opaque, vrai « pays de loups » sinistre et froid, s'oppose au Gadmental plus clair, dominé de glaces éternelles, aux villages plus nombreux et plus riants.

Le Meiental appartient au canton d'Uri, un des trois cantons originels de la Confédération helvétique. Peuplé à partir du XIIIe siècle par des Bernois venus de l'autre côté du Susten, il n'a eu longtemps que des rapports épisodiques avec les Uranais, faute de chemin carrossable. Aujourd'hui, le Meiental se vide de ses habitants; il y a des années que le versant nord (*Schattenseite* : côté de l'ombre) est désert. La vie est pleine de soucis et de fatigues, explique-t-on : le sol est ingrat, la végétation y

1. Voir : La route alpestre du Grossglockner, *La Nature*, août 1954, p. 316.

est moins variée qu'ailleurs; seuls des rhododendrons à la fleur rouge sombre atténuent la sévérité du paysage; la forêt a été ravagée, le gibier est rare. Cerfs et chevreuils manquent totalement, mais certains noms de lieux attestent que l'ours n'était pas rare avant le XIXe siècle. La principale activité est l'élevage de la race bovine d'Uri, à robe brune; les alpages sont administrés par une coopérative, qui fait diriger l'estivage en commun par un *alpvogt* (bailli d'alpage). Mais, fait symbolique, la montée et la descente des troupeaux ne sont pas fêtées comme ailleurs : les cœurs ne sont pas à la joie dans l'austère Meiental.

Plus prospère apparaît le Gadmental, dans le canton de Berne. Ses habitants, dont la légende prétend qu'ils viennent de Suède, à cause de la prédominance du type blond aux yeux bleus, tirent leurs ressources de l'élevage coopératif des bovins et des moutons; des cours d'économie alpestre, des subventions à la production de lait et de fromage ont développé l'esprit d'initiative. Autrefois, les hommes gagnaient un supplément de ressources par le travail dans les mines de fer, aujourd'hui épuisées (et pour lesquelles furent dévastées les forêts). Quelques carrières de marbre subsistent; le calcaire du Gadmental a été utilisé en particulier pour la construction du pont de Nydeck, à Berne. Enfin, la sculpture sur bois et le tissage manuel procurent l'hiver du travail à domicile. Le bois à sculpter est fourni par l'érable de montagne, dont le feuillage nourrit les chèvres

Les fleurs sont magnifiques dans le Gadmental : saxifrages, myosotis, gentiane, primevère, chardons, et quelques edelweiss. Les noisetiers, les fougères, les myrtilles abondent. Les insectes, particulièrement les papillons, se rencontrent jusqu'à 1 300 m d'altitude. Les animaux sauvages fréquentent les hauteurs où vivent les chamois : ce sont les renards, les blaireaux, les marmottes, les chevreuils. Les oiseaux sont légion : coqs de bruyère, perdrix blanches, pinsons des neiges, fauvettes d'hiver, geais glandivores, merles d'eau; et, dominant la vallée tout entière, les choucas et les aigles au vol majestueux.

Un peu d'histoire. — Le col de Susten n'a pas dans l'histoire un renom comparable à celui du Gothard ou du Simplon. Son nom signifierait « endroit de dépôt de marchandises »; il attesterait donc la présence de marchands allant du territoire de Berne en Italie ou aux Grisons. Quoi qu'il en soit, pendant des siècles, rien ne troubla la paix des vallées. Quelques escarmouches furent provoquées par des contestations de frontière entre Berne et Uri et, au XVIIe siècle, par des guerres religieuses : en 1655, les Uranais élevèrent au-dessus de Wassen une muraille appelée *Meienschanz*. Le Meiental restait donc isolé et abandonné, ce qui n'est pas étranger à son destin sauvage.

Au cours des opérations de 1799, qui préludèrent à la victoire de Masséna à Zurich, une demi-brigade française, sous les ordres du général Loison, franchit le col du Susten avec son artillerie pour prendre à revers les Austro-Russes qui tenaient la vallée de la Reuss (il s'agissait de couper la route menant d'Italie à Lucerne, afin d'empêcher l'armée russe de Souvorov de rallier la Suisse). La Meienschanz fut emportée d'assaut le 15 août 1799, Wassen occupée, et Souvorov contraint de se jeter dans la montagne où il perdit la moitié de son armée, avant de repartir, dépité, pour la Russie. Le rôle stratégique du Susten fut donc primordial à l'époque, à tel point que les Français envisagèrent un moment de transformer le vieux sentier en route carrossable. On sait l'intérêt porté par les ingénieurs français du temps aux routes de montagne : citons le Mont-Cenis, le Saint-Bernard, le Simplon, dus à leurs travaux.

Sous le premier Empire, le Valais étant devenu département français, les douaniers de Napoléon vinrent se fixer au haut du Grimsel, obstruant ainsi les communications entre Berne et l'Italie par le col de la Furka. Aussi les Bernois prêtèrent-ils attention à un projet de construction d'une route passant par le Susten et rejoignant celle du Gothard. Un traité fut conclu avec Uri prévoyant une chaussée de 8 pieds de large (2,50 m), avec des rampes ne dépassant pas 20 pour 100 (ce qui, de nos jours, apparaît considérable). Les travaux furent achevés du côté bernois en 1817, mais demeurèrent interrompus du côté d'Uri, par suite de nombreuses difficultés. Le retour du Valais à la Suisse avait fait disparaître d'ailleurs l'urgence de la réalisation, et la route tomba dans le délabrement.

Au moment de l'ère de grandeur des trouées ferroviaires alpestres, on projeta de creuser un tunnel de 8 km pour raccorder Berne à la ligne internationale du Gothard. Le plan, dressé en 1897, fut finalement abandonné en 1911, quand fut entrepris le percement du tunnel du Lötschberg, reliant directement Berne à Milan par le Simplon, lui-même ouvert en 1906. Mais la question retrouva une actualité avec le vote du Conseil fédéral prévoyant l'amélioration du réseau routier alpestre, en liaison avec l'essor du tourisme étranger (1935) : la construction fut votée par le canton de Berne et celui d'Uri à une forte majorité (respectivement 86 000 voix contre 19 000, et 4 000 contre moins de 300).

La construction. — Les techniciens décidèrent de construire une autoroute moderne, répondant à toutes les exigences d'un lourd trafic économique et touristique. Le tracé fut déplacé en plusieurs endroits afin d'éviter les avalanches et les chutes de pierres; dans ce but, on n'hésita pas à creuser de nombreux tunnels, que la nature de la roche permit de laisser sans voûtes artificielles. Le tunnel de faîte, long de 325 m, est situé à la cote 2 223, soit 36 m au-dessous du col, qu'il est facile de gagner à pied. Un grand parc à voitures a été aménagé à l'entrée du souterrain, du côté de Berne.

La route suit les pentes ensoleillées, exposées au sud *(Sonnenseite)*, en épargnant les rares terres cultivées et en évitant les pierriers et les cônes de déjection. Les talus de remblais ont été boisés ou plantés; le souci constant des ingénieurs fut d'harmoniser les murs de soutènement et les ouvrages d'art avec le grandiose paysage de montagne; les ponts de béton ont tous été recouverts de blocs de granit ou de gneiss.

La pente est continue, ne dépassant jamais 9 pour 100, chiffre extrêmement faible pour une route de haute montagne : elle est en moyenne de 5,52 pour 100 sur le versant ouest (bernois),



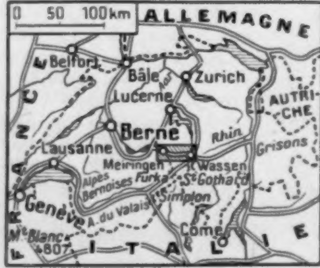


Fig. 3. — *La route du Susten et sa place dans le réseau routier.*



Fig. 4, 5, 6. — *A gauche* : ***Vue sur la crête du Gadmerflüh.*** — *Au milieu* : ***Tunnels dans le Gschletter.*** — *A droite* : ***Le Gletscherrank et le Steingletscher, vus du « virage des glaciers ».***

(Photos Office central suisse du Tourisme).

de 7,65 pour 100 sur le versant est (uranais). La différence de niveau est en effet plus forte dans ce dernier cas (1 309 m sur 18 km, contre 1 598 sur 28 km). Les virages et lacets ont été réduits au minimum : sept du côté de Berne, trois du côté d'Uri, avec une surlargeur atteignant 10 m. La chaussée asphaltée ou pavée est excellente; on compte 24 tunnels et 26 ponts, la plupart en courbe.

Les travaux n'ont pu être menés que pendant la belle saison, au cours de sept années consécutives (1938-1945). L'Administration prit grand soin des conditions de vie des ouvriers, si bien qu'il n'y eut que très peu d'accidents et de maladies. En certains endroits, la période de travail n'excédait pas 100 jours par an. Le nombre des travailleurs fut en moyenne de 800 sur le versant bernois; il varia de 200 à 1 300 sur le versant uranais. En tout, plus de 11 millions d'heures de travail furent payées. 300 t d'explosifs furent utilisées pour le déblai de 530 000 m³ de rocher; la consommation de ciment dépassa 20 000 t; les volumes de maçonnerie mise en œuvre atteignent 100 000 m³.

Ces chiffres donnent une idée de l'ampleur des travaux; ils peuvent être complétés par quelques indications relatives au coût de l'œuvre : le devis initial tablait sur une dépense de 23 millions de francs suisses. L'augmentation du prix de la vie pendant la guerre fit passer ce chiffre à plus de 34 millions (dont 2 pour le seul tunnel de faîte). Le canton de Berne supporta le quart des dépenses engagées sur son versant (19 millions) et celui d'Uri, plus pauvre, seulement 10 pour 100 des 15 millions qui lui revenaient. La Confédération se chargea du solde; il s'agissait d'une œuvre nationale.

La guerre mondiale et la mobilisation de l'armée suisse entraînèrent de graves difficultés de main-d'œuvre et de ravitaillement en matériaux de construction. Les revêtements en mélange goudron-bitume durent être remplacés par des revêtements plus simples et du pavage en mosaïque. De 1945 à 1946, on consolida tout ce qui avait été fait pendant cette période infortunée (1940-1943). Néanmoins, les travaux ne furent jamais arrêtés.

L'itinéraire. — Officiellement, la *Sustenstrasse* (route du Susten) a son point de départ à Meiringen, dans la vallée de l'Aar, sur la route de Berne au Grimsel. C'est une charmante bourgade, dont malheureusement les belles maisons aux façades sculptées ont disparu depuis l'incendie de 1891, provoqué par le fœhn. Innerkirchen possède une grande centrale hydroélectrique souterraine qui appartient au système de l'Aar supérieur. Là bifurque la route du Susten, abandonnant la route du Grimsel qui continue vers le sud. De l'altitude de 622 m la route monte vers la vallée de Gadmen, franchissant des moraines et des verrous glaciaires. Mühltal possédait jadis un haut-fourneau qui fournissait une bonne partie du fer destiné aux armements de la République de Berne. Les biens-fonds ont des noms germaniques dans cette région du Gadmental, tandis que les noms de cours d'eau et de chemins sont d'origine romane : sans doute cette vallée eut-elle une population romanisée (comme les Grisons) avant l'arrivée des Germains. Le fait mérite d'être souligné, dans un secteur aussi septentrional. Plus loin, Bäregg rappelle le temps où les ours descendaient dans la vallée (*Baer* en allemand signifie « ours »).

Gadmen, à 1 200 m, est le centre principal de la vallée, dans un cadre majestueux dominé par l'altière échine de la Gadmerflüh (3 000 m). Le hameau d'Obermad, à 1 210 m, est le dernier lieu habité toute l'année; là se retirent encore des habitants de la vallée émigrés en Amérique. La route grimpe ensuite sur les pentes broussailleuses et désertes du Gschletter, où les travaux furent particulièrement délicats; s'élevant peu à peu, elle surplombe les chalets d'été, perdus dans les alpages, et arrive à l'auberge du Steingletscher, à 1 863 m. Un dernier virage, « l'Enfer », rebaptisé « le Paradis » *(Himmelrank)*, nous hisse, en pleine grandeur alpestre, jusqu'au plateau du



Fig. 7. — *Le col du Susten (2 259 m) et le parc à voitures.*

col. De là, on embrasse un panorama de toute beauté, sur les glaciers et les sommets rocheux du Midi, que couronnent les 3 500 m du Sustenhorn.

Après le tunnel de faîte, c'est un tout autre aspect que procure l'austère Meiental : sauvage et désolé, il n'est pas sans majesté, encadré de cimes dépassant 3 000 m. La route rescend le versant ensoleillé, par de grands lacets, et franchissant quelques cascades mugissantes. Färnigen, le premier village, est à 1 450 m; de loin en loin, un paysan coupe à la faucille les rares touffes d'herbe, un jeune chevrier se repose, accoudé sur son bâton, devant sa cabane de pierres noircies. Meien-Dörfli, « le petit village de Meien », est le seul centre important de la vallée, avant la descente brutale sur Wassen, où bondit la Reuss aux eaux vertes, à 900 m d'altitude. Là passe la grande route et la voie ferrée du Gothard. Le voyage est terminé.

De confortables autocars postaux facilitent le passage du Susten. Dès maintenant, cette route est très utilisée pour les relations rapides. Aucune route alpestre suisse ne peut être comparée à ce chef-d'œuvre de la technique moderne. On a dit des entreprises des Égyptiens qu'elles défiaient les siècles. Sans tomber dans une comparaison excessive, il est permis de dire que la route du Susten, elle aussi, semble construite pour l'éternité.

PAUL WAGRET.

Bactériophage et provirus

DANS un livre récent, le docteur Charles Oberling exposait les raisons qui lui font croire que les cancers ont pour cause principale des virus et en rendant compte de ce livre nous ajoutions quelques observations récentes qui semblaient appuyer cette opinion (1). Cependant, il fallait expliquer pourquoi ces virus supposés ne peuvent être mis en évidence dans la plupart des tissus cancéreux. M. Oberling imaginait alors que les virus pouvaient exister sous deux formes, la forme corpusculaire, celle que l'on peut souvent apercevoir au microscope électronique, et la forme masquée, sous laquelle le virus resterait incorporé dans l'intimité de la cellule de façon à ne pouvoir y être distingué.

Une telle hypothèse paraît beaucoup moins arbitraire si on tient compte des faits qui ont été mis en évidence dans un domaine en apparence bien différent, celui du bactériophage, et sur lesquels M. François Jacob, assistant à l'Institut Pasteur, nous a donné récemment un excellent exposé (2).

On sait que le bactériophage est un virus qui s'attaque aux microbes dont il provoque la *lyse*, c'est-à-dire l'éclatement et pour ainsi dire la dissolution. Comme tous les virus, le bactériophage ne peut se multiplier que dans la matière vivante, en l'espèce les bactéries. Un bactériophage (on dit aussi plus simplement : un *phage*) se fixe à la surface d'une bactérie, pénètre à l'intérieur, puis s'y multiplie; la bactérie éclate un moment plus tard, en libérant de 100 à 200 nouveaux bactériophages. Dans ces conditions, on comprend que la lyse d'une colonie bactérienne puisse être très rapide.

Le phage est donc un agent infectieux analogue aux autres virus. Cependant, une colonie bactérienne en apparence indemne peut tout à coup donner naissance à des bactériophages sans qu'aucune infection ne provienne de l'extérieur. Ce fait a longtemps fait croire que tous les bactériophages étaient produits par les bactéries elles-mêmes, dans une espèce de crise de dégénérescence. On sait aujourd'hui qu'il n'en est rien. Les phages qui ont infecté une bactérie peuvent ne pas être virulents mais atténués, et subsister dans le microbe sous une forme latente, à laquelle on a donné le nom de *prophage*; n'est-ce pas ce que le docteur Oberling appelle la forme masquée d'un virus ?

Lorsque dans une bactérie, le phage s'est ainsi transformé en prophage, sa présence y devient héréditaire. Toutes les bactéries qui naîtront de celle-là contiendront également le prophage. Un équilibre s'établit entre le parasite et le parasité. Et on a de grandes raisons de penser que le prophage s'est incorporé à la matière chromosomique de la bactérie, autrement dit qu'il est équivalent à un gène. Il se divise comme tous les autres gènes, à chaque division du microbe.

Cependant, sous certaines influences, par exemple sous l'action des rayons ultraviolets, des rayons X ou de certaines substances cancérigènes, le prophage peut soudain se transformer de nouveau en bactériophage virulent; il se détache du noyau bactérien, il se multiplie, provoque la lyse de son hôte et il est de nouveau libéré à l'extérieur, prêt à attaquer d'autres bactéries. Ces bactéries, qui contiennent le phage sous forme de prophage, sont appelés *lysogènes*. Elles peuvent à tout instant être détruites par une réactivation du phage qu'elles contiennent, mais elles sont immunisées contre l'attaque du même phage ou de phages de races voisines venus de l'extérieur. En revanche, cette immunité ne joue pas à l'égard de phages d'autres espèces. Cela engage à croire que le prophage occupe dans le noyau de la bactérie une place bien déterminée, qu'il y bloque une fonction nécessaire à la multiplication de sa propre espèce dans cette bactérie : et c'est une raison de lui accorder la signification d'un véritable gène.

Qu'un gène bactérien puisse être libéré et incorporé à une autre bactérie est un phénomène dont on a d'autres exemples, et on ne s'en étonnera pas outre mesure si l'on songe à la facilité avec laquelle les gènes s'échangent et se combinent dans les chromosomes de toutes les espèces au cours des processus de l'hérédité.

Si l'on examine maintenant, avec M. François Jacob, le comportement des virus qui attaquent les cellules des plantes et des animaux, on voit que la notion de virus latent, ou masqué, prend une grande vraisemblance. Comme on parle de prophage, on pourrait alors parler de *provirus*. Ce n'est encore qu'une hypothèse, fondée sur une analogie avec les faits établis pour le bactériophage. On conçoit toute l'importance que revêtirait sa confirmation expérimentale.

J. G.

1. Cancer et virus, *La Nature*, novembre 1954, p. 415.
2. *Les bactéries lysogènes et la notion de provirus*, par François JACOB. Préface d'André Lwow, chef de service à l'Institut Pasteur. 1 vol. 16×25, 176 p., 27 fig. Masson, Paris, 1954. Prix : 800 F.

La ruée vers l'uranium

La ruée vers l'or s'est ralentie, mais la ruée vers l'uranium gagne toute la planète. Une foule d'amateurs est venue se joindre aux géologues et aux prospecteurs professionnels. D'après le *Mining World*, c'est à deux hommes de la tribu Spokane, des réserves d'Indiens des États-Unis, que l'on doit la découverte du premier gisement de minerais radioactifs de l'État de Washington. C'est en cheminant la nuit, munis de lampes à ultraviolet, que ces deux Indiens ont repéré la présence d'autunite et de torbernite (ou chalcolite). Ils ont obtenu une concession qu'ils exploitent avec des membres de leur tribu et par des moyens modernes.

Le premier bateau à vapeur du Canada

Trois bonnes années avant que la première entreprise de transport fluvial à vapeur du Vieux Monde fît son apparition, en 1812, avec le petit bateau à roues *Comet* en Écosse, le Canada eut sa propre « chaloupe à fumée » en service sur le Saint-Laurent, entre Montréal et Québec. Ce premier bateau à vapeur canadien fut construit à Montréal en 1809 par le brasseur John Molson (1763-1836), natif de Lincolnshire, et ses deux associés britanniques, John Bruce (constructeur de vaisseaux) et le capitaine John Jackson. La quille fut placée le 27 mars; le bateau *Accommodation* fut lancé le 19 août 1809, et achevé deux mois plus tard pour son service sur le Saint-Laurent.

De la construction de sa coque en bois, très peu de détails ont été conservés. Cependant, il est certain que Molson avait bien connaissance du bateau à vapeur *Clermont*, mis en service sur la rivière Hudson à New-York par Robert Fulton en 1807, deux ans auparavant; il s'était enthousiasmé pour cette entreprise américaine. Au contraire, de par leur formation britannique, ses associés Bruce et Jackson auraient sans aucun doute influencé les plans du bateau *Accommodation*. Il était pourvu de couchettes pour 20 personnes, et portait un mât sur lequel on pouvait tendre de la voilure « quand le vent est favorable, pour accélérer parfois son avancement ». Le personnel se montait à six hommes.

La machine à vapeur était nominalement de six chevaux; son cylindre vertical (d'environ 405 mm de diamètre et 915 mm de course) et son piston furent moulés et tournés aux Forges de Saint-Maurice, à Trois-Rivières; bonne preuve de la capacité des techniciens canadiens-français à cette époque. Il ne faut pas oublier que les premiers bateaux à vapeur furent construits en France.

Il n'existe plus de spécification détaillée, mais nous lisons : « Le bateau à vapeur reçoit son impulsion d'une roue ouverte perpendiculaire aux rais doubles, placée de chaque côté du bateau, sans bande ou jante circulaire. Sur l'extrémité de chaque rais double est montée une aube carrée, qui entre dans l'eau et, par le mouvement rotatoire de la roue, fonctionne comme une palette. Les roues sont mises et maintenues en mouvement par la vapeur dans le bateau. »

Par comparaison avec la machine du *Clermont* (fig. 1) que Molson avait sans doute en vue, il semble que le mouvement vertical du piston fût ramené vers l'arbre des roues au moyen de bielles retournantes et une paire de leviers latéraux. Les petites pièces de la machinerie furent fabriquées par Geo. Platt et Ezekiel Cutter, de Montréal. La vapeur à faible pression (probablement pas plus de 0,14 atm au-dessus de la pression atmosphérique) était fournie par une chaudière en fer, qui était chauffée au charbon. Naturellement, la vapeur sortait de la machine dans un condensateur. Les roues à aubes avaient probablement un diamètre de 3 660 mm, les aubes radiales 760 mm de long et 610 mm de large. Ces roues auraient fait 15 tours par minute, le bateau ayant une vitesse de 7,25 km par heure.

Le cylindre à vapeur fut posé à bord le 9 octobre, et quelques essais furent faits sur le Saint-Laurent, à l'Ile de Boucherville et retour, au cours du mois. Le bateau *Accommodation* quitta Montréal pour son premier service le 1er novembre 1809, sous le commandement du capitaine John Jackson, aidé du pilote de rivière canadien-français Amable Laviolette. Il arriva à Québec le samedi 4 novembre en 66 h, dont 30 h furent perdues à l'ancrage. La distance des 258 km fut ainsi couverte à une vitesse moyenne de 7,2 km par heure. Le rapport local dit : « Il est évident que sa machinerie, présentement, n'a pas une force suffisante pour cette rivière ». Dans la version française de ce rapport, le bateau était décrit sous le nom de « chaloupe à fumée ».

Le second départ de Montréal pour Québec eut lieu le 15 novembre. A la fin de sa première saison, le bateau *Accommodation* fut amarré pour l'hiver près de Sorel, sur la rivière Richelieu, et le personnel dispersé le 12 janvier 1810. John Jackson alors se retira (ou fut contraint à donner sa démission) de la société, et un autre mécanicien, James Clark, fut recruté à sa place. Molson fit des efforts pour améliorer la machinerie, et une chaudière plus puissante fut mise à bord.

Ainsi reconstitué, l'*Accommodation* commença une seconde saison en juin 1810, comme il avait été annoncé, sous le commandement du capitaine John Bruce et de son premier pilote Amable Laviolette, et elle dura plus de quatre mois. Pendant cette saison d'été, Molson fit une visite rapide à New-York, afin de consulter Robert Fulton. Fulton offrit de préparer des plans pour un bateau à vapeur d'une vitesse de 8 km/h en eau tranquille, mais cette offre ne semble pas avoir été acceptée.

L'*Accommodation* n'eut jamais un succès commercial: mais la construction de sa machinerie au Canada, trois ans avant celle du *Comet* en Écosse, représente certainement un succès technique remarquable.

Pendant l'été 1812, Molson

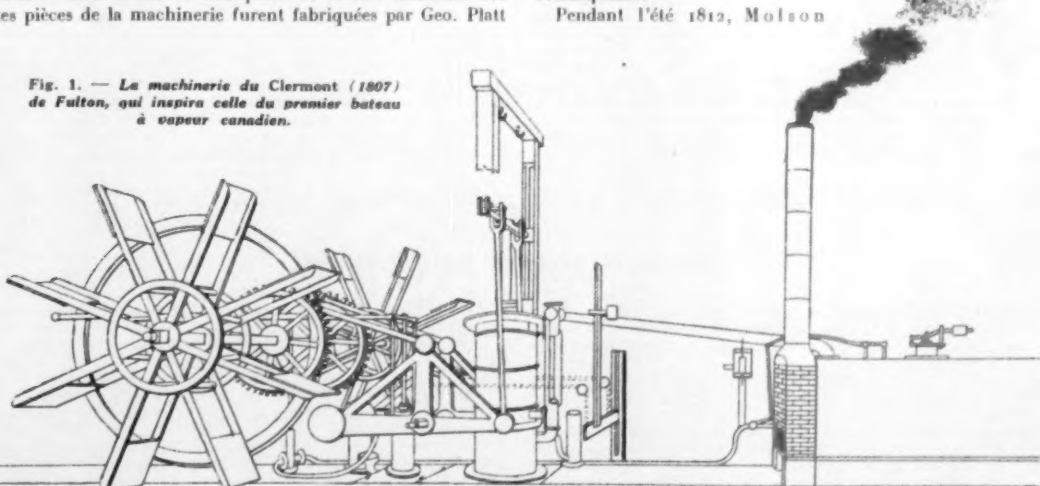


Fig. 1. — *La machinerie du* Clermont *(1807) de Fulton, qui inspira celle du premier bateau à vapeur canadien.*

lança son second bateau à vapeur *Swiftsure* du chantier de Logan et Cie, près de sa brasserie de Monarque Street, à Montréal. Ce bateau, d'une conception plus ambitieuse, mesurait 42,7 m sur le pont, 39,6 m de quille, et 7,3 m de largeur; il était pourvu de 30 couchettes, et sa machine, nominalement de 26 ch, fut construite par Boulton, Watt et Cie. Le cylindre à vapeur avait 710 mm de diamètre et 1 220 mm de course, et la pression de la vapeur était donnée comme étant 0,27 atm; le personnel se composait de 13 hommes.

Le *Swiftsure* fit ses essais en novembre 1812, et entra en service sur le Saint-Laurent en 1813. Il arriva officiellement à Québec pour la première fois le 2 mai. La vitesse normale du vaisseau était de 11,3 km/h. Il fut loué au gouvernement britannique en 1813 pour le transport des troupes et des marchandises, et en 1818 il était encore en service. Sa charpente était alors pourrie; la coque fut condamnée, mais sa machine fut transférée sur le *New Swiftsure*.

Le troisième vapeur de Molson fut le *Malsham*, lancé en 1815, et pourvu d'une machine à leviers latéraux, nominalement de 45 ch, construite par Boulton, Watt et Cie. Le cylindre à vapeur avait 915 mm de diamètre et 1 220 mm de course. La concurrence s'établit bientôt avec le *Car of Commerce* en 1816, construit pour Thomas Torrance sur des plans semblables à ceux du vapeur de Fulton *Car of Neptune*. Molson répondit par le *Lady Sherbrooke*, lancé le 16 mai 1817 des chantiers de Logan et Cie, à Montréal. Il mesurait 52 m sur le pont et 9,2 m de large, et il était pourvu d'une machine à leviers latéraux, nominalement de 60 ch, des ateliers de Boulton, Watt et Cie. Le cylindre à vapeur avait 1 070 mm de diamètre et 1 220 mm de course.

Deux autres bateaux à vapeur, le *Québec* et le *Caledonia*, nominalement de 45 ch, suivirent peu après, en 1817. La machine du *Québec*, bateau de 500 tonneaux, sortait des ateliers de Maudslay, Sons and Field, de Londres; elle était nominalement de 56 ch, mais développait 100 ch. En 1819, moins d'une décennie après l'entreprise du pionnier *Accommodation*, le Saint-Laurent avait un service de bateaux à vapeur sûr et presque quotidien.

Une vieille assiette à dîner du service utilisé à bord d'un des derniers vapeurs Molson expose dans une couleur lavande pâle la reproduction en long de son premier bateau *Accommodation*. C'est la seule représentation connue qui existe encore. Les caractéristiques principales du bateau étaient les suivantes : jauge brute, environ 85 tonneaux; longueur sur le pont, 26 m; longueur de la quille, 23 m; largeur de la coque, environ 4,6 m; largeur hors roues, environ 6,4 m; creux, 2,1 m; tirant d'eau, environ 0,76 m.

Au terme de cette note, l'auteur désire exprimer ses remerciements les plus sincères à Mlle K. T. Trenholme, bibliothécaire à McGill University de Montréal; à M. J. C. Bonenfant, bibliothécaire de Québec; à M. Louis Carrier, conservateur du Château de Ramezay; et surtout à M. Merrill Denison, de New-York, pour ses recherches dévouées sur l'histoire de la famille Molson.

H. Philip Spratt,
Science Museum, Londres.

Pour la traversée de la Clyde et du Forth

Les estuaires écossais sont des « rias », que remonte la marée loin vers l'amont et dont la largeur est un obstacle considérable aux relations entre les deux rives. On connaît le pont géant édifié près d'Édimbourg, sur le Forth, pour le chemin de fer du Nord. C'est de tunnels routiers que l'on parle aujourd'hui, à la fois sous la Clyde, en aval de Glasgow (dernier pont sur la rivière) et sous le Forth (que les voitures doivent traverser sur des bacs démodés et lents). L'expansion industrielle continue des Basses Terres d'Écosse, dont le sous-sol recèle d'importants gisements houillers, réclame en effet de plus grandes facilités de transport.

Sous la Clyde passeraient deux tunnels jumelés tandis que, pour le Forth, on construirait une seule galerie : celle-ci comporterait deux chaussées de 7 m de large ; la longueur totale du souterrain serait d'environ 2 km, dont plus de la moitié sous l'estuaire proprement dit. Le ministère des Transports s'intéresse de très près à ces différents projets. On sait qu'il existe déjà un important tunnel routier sous la Mersey, entre Liverpool et Birkenhead. D'autre part, un pont géant est envisagé sur la Severn, entre le Pays de Galles et le Sud-Ouest de l'Angleterre. Il coûterait 40 milliards de francs que l'on amortirait par la perception d'un péage ; on table sur le passage quotidien de 5 000 véhicules.

Ventes de fruits aux enchères par télévision

On vient d'expérimenter aux États-Unis un système de vente aux enchères par radio et télévision sur lequel nous empruntons quelques détails à *La Technique moderne*. Pour commencer, dix grandes villes y participent. Il s'agit de vendre des wagons complets de fruits se trouvant dans les gares de départ des régions de grande production. Au début de la séance, la description détaillée des chargements est fournie aux personnes réunies dans les dix salles de vente ; le ministère de l'Agriculture garantit la nature, la qualité moyenne et la quantité des fruits contenue dans chaque wagon ; puis les cloches sonnent simultanément dans les dix villes et le numéro du premier wagon apparaît sur un écran. Toute offre verbale faite dans une des salles est annoncée instantanément dans les neuf autres ; une horloge frappe les secondes jusqu'à ce qu'une offre plus élevée soit faite et apparaisse sur les écrans ; si dix secondes s'écoulent sans surenchère, les cloches sonnent et les écrans signalent « vendu ». Toutes les opérations se font automatiquement grâce à un appareillage électronique qui unit les dix villes dont certaines sont séparées par plus de 1 500 km. Le wagon est vendu et expédié sans délai vers la ville où réside l'acquéreur, ce qui supprime les frais de réexpédition et de magasinage, tout en accélérant la livraison.

Lavage et séchage par ultrasons

S'inspirant d'une information publiée par l'Institut de Physique de Londres, les techniciens hongrois de la teinture ont entrepris une étude systématique des possibilités d'application des ultrasons à leur industrie.

L'emploi d'un vibrateur magnétique, produisant 500 à 600 vibrations à la seconde dans l'eau du bac de lavage, constitue une amélioration économique de cette première opération.

Mais c'est le séchage qui a été l'occasion de l'application la plus avantageuse des ultrasons. Au cours d'expériences, un ballot d'ouate s'enflamma sous l'action des vibrations ultrasonores ; ainsi naquit l'idée de la nouvelle méthode. A l'aide de vibrations dont la fréquence atteint 25 000 c/s l'eau est expulsée en quelques secondes. La méthode ancienne de séchage nécessitait l'emploi d'une machine aspirante et le passage du tissu sur de nombreux cylindres chauffés à la vapeur. La méthode nouvelle n'utilise plus que le dixième de l'énergie auparavant nécessaire.

D'ici la fin de l'année, l'usine d'apprêt textile d'Obuda (Hongrie) escompte utiliser les ultrasons dans la moitié des opérations de lavage et de séchage.

Des expériences en cours semblent indiquer en outre que les ultrasons pourront donner lieu à des applications intéressantes dans les processus de teinture proprement dite.

Nouveau régulateur de température

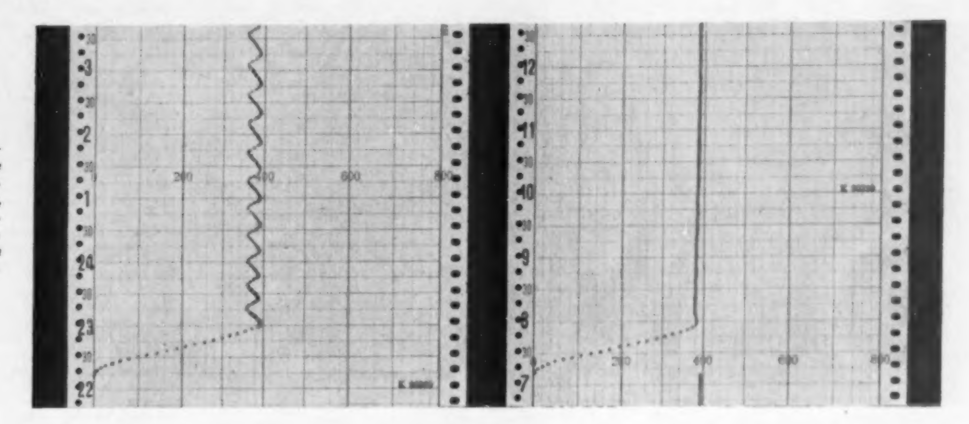


Fig. 1 et 2. — *Courbes de température d'un système à faible inertie thermique, obtenue avec un régulateur « tout ou rien »* *(à gauche)* ***et avec le régulateur « Sensilab »*** *(à droite)*

Il est facile de maintenir une température constante avec un thermostat classique du type « tout ou rien » tant que le système à régler a une grande inertie calorifique. Par contre, quand elle est très faible devant la puissance développée par le dispositif de chauffage, le système se refroidit ou se réchauffe rapidement et sa température varie entre deux extrêmes qu'il est difficile de rapprocher au delà d'une certaine limite avec les systèmes courants à lame bimétallique par exemple (fig. 1).

C'est à un tout autre principe que s'adresse la maison Brion et Leroux pour la réalisation du régulateur « Sensilab » qu'on a pu voir à l'Exposition de la Société française de Physique. La température à régler est mesurée soit par une méthode potentiométrique à partir d'un thermocouple quand il s'agit de températures élevées, soit par un pont de Wheatstone à partir d'un thermomètre à résistance, dans le cas des températures inférieures à 200° C. L'élément de mesure est un galvanomètre de zéro dont le cadre est muni d'une palette métallique constituant l'armature mobile d'un condensateur variable à air, inséré dans un circuit électronique oscillant à fréquence élevée. L'autre armature est reliée à l'électrode de commande d'un thyratron, dont l'anode commande un premier relais polarisé. Selon la position du cadre du galvanomètre, donc de l'armature mobile, la capacité varie et peut atteindre une valeur critique pour laquelle le thyratron s'amorce et fait fonctionner le relais qui déclenche à son tour le relais de puissance du régulateur. Celui-ci est ensuite maintenu dans sa position (par exemple « trop froid ») et un voyant s'allume.

Un ingénieux système de tendance applique alors au galvanomètre une tension opposée à la tension de déséquilibre; si celle-ci est élevée (cas d'un appareil en cours de chauffage), rien ne se passe et le relais reste dans la position « trop froid ». Au contraire, quand la tension de déséquilibre décroît, il arrive un moment où la force contre-électromotrice inverse lui devient supérieure, amène l'inversion du relais à condensateur, provoquant finalement l'arrêt du chauffage un peu avant même que la température d'équilibre soit atteinte.

Ainsi, sous l'action du dispositif de tendance, les temps d'intervention du régulateur deviennent fonction des écarts de réglage détectés par le système de mesure, et les oscillations de température finissent par s'amortir autour de la température choisie par le réglage de la résistance de comparaison du pont de Wheatstone (fig 2), tandis qu'elles ne s'amortissent pas avec le système classique. La période des cycles chauffage-arrêt est de l'ordre de 30 secondes. Cet appareillage est un peu plus complexe que celui des régulateurs classiques, mais il est peu fragile, ne comportant aucune pièce mécanique en mouvement. Son utilisation s'impose dans les cas où une grande précision est nécessaire dans le réglage de systèmes à inertie thermique relativement faible.

J. L.

LE CIEL EN SEPTEMBRE 1955

SOLEIL : du 1er au 30 sa déclinaison décroît de + 8°28′ à — 2°36′ ; la durée du jour passe de $13^{h}26^{m}$ le 1er, à $11^{h}43^{m}$ le 30 ; diamètre apparent le 1er = 31′45″, le 30 = 31′59″,8. — **LUNE :** Phases : P. L. le 2 à $7^{h}59^{m}$, D. Q. le 9 à $7^{h}59^{m}$, N. L. le 16 à $6^{h}19^{m}$, P. Q. le 24 à $3^{h}40^{m}$; *périgée* le 10 à 1^{h}, diamètre app. 32′18″ ; *apogée* le 23 à 11^{h}, diamètre app. 29′34″. Principales conjonctions : avec **Uranus** le 12 à 14^{h}, à 3°49′ S. ; avec **Jupiter** le 14 à 0^{h}, à 5°13′ S. ; avec **Mars** le 15 à 16^{h}, à 6°35′ S. ; avec **Vénus** le 16 à 20^{h}, à 6°53′ S. ; avec **Mercure** le 18 à 12^{h}, à 1°48′ S. ; avec **Neptune** le 19 à 1^{h}, à 6°4′ S. ; avec **Saturne** le 20 à 16^{h}, à 4°56′ S. — **PLANÈTES : Mercure,** dans la *Vierge*, est invisible ; **Vénus,** dans la *Vierge* est inobservable, en conjonction supérieure avec le Soleil le 1er ; **Mars,** dans le *Lion*, commence à réapparaître un peu le matin, dans les derniers jours du mois ; **Jupiter,** dans le *Cancer*, devient étoile du matin, se levant le 22 à $2^{h}11^{m}$, soit $3^{h}26^{m}$ avant le Soleil ; **Saturne,** dans la *Balance*, est visible le soir, se couchant le 22 à $19^{h}43^{m}$, soit $1^{h}54^{m}$ après le Soleil, diamètre pol. app. 14″,2 ; **Uranus,** dans le *Cancer*, est maintenant visible dans la seconde partie de la nuit, se levant le 28 à $23^{h}54^{m}$, diamètre app. 3″,6 ; **Neptune,** dans la *Vierge*, est inobservable. — **ÉTOILES VARIABLES :** minima observables d'*Algol* (2^{m},3-3^{m},5) le 3 à $1^{h}12^{m}$, le 5 à $21^{h}50^{m}$, le 23 à $2^{h}53^{m}$, le 25 à $23^{h}46^{m}$, le 28 à $20^{h}24^{m}$; minima de β *Lyre* (3^{m},4-4^{m},1) le 8 à $2^{h}53^{m}$, le 23 à $1^{h}12^{m}$; maxima de δ *Céphée* (3^{m},8-4^{m},6) le 5 à $20^{h}24^{m}$, le 11 à $5^{h}17^{m}$, le 16 à $14^{h}10^{m}$, le 21 à $22^{h}48^{m}$, le 27 à $7^{h}41^{m}$; maxima de η *Aigle* (3^{m},7-4^{m},4) le 1er à $1^{h}26^{m}$, le 8 à $5^{h}46^{m}$, le 15 à $9^{h}36^{m}$, le 22 à $14^{h}10^{m}$, le 29 à $18^{h}29^{m}$; maximum de R *Andromède* (5^{m},0-15^{m},3) le 7 ; de R *Chiens de chasse* (6^{m},1-12^{m},8) le 10 ; de R *Bouvier* (5^{m},9-13^{m},1) le 11 ; de T *Céphée* (5^{m},2-11^{m},2) le 15. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage supérieur au méridien de Paris : le 8 à $2^{h}38^{m}55^{s}$, le 18 à $1^{h}59^{m}45^{s}$, le 28 à $1^{h}20^{m}34^{s}$.

Phénomènes intéressants. — Du **11 au 14, lumière cendrée de la Lune,** le **matin.** Pendant **tout le mois,** en l'absence de Lune, observer la **lumière zodiacale le matin.** Commencement de l'**Automne** (équinoxe) le **23** à $\mathbf{19^{h}41^{m}}$.

(Heures données en **Temps universel** : *tenir compte des modifications introduites par l'heure légale*).

L. Tartois.

LES LIVRES NOUVEAUX

Proceedings of the International Symposium on the Reactivity of Solids. 2 vol. 19×26, 1104 p., fig. Académie Royale Suédoise des Sciences de l'Ingénieur et Université de Technologie Chalmer, Göteborg, 1954.

Le vieil adage latin selon lequel les corps ne peuvent réagir entre eux qu'à l'état fluide est depuis longtemps battu en brèche puisque l'industrie céramique, qui semble remonter aux civilisations les plus antiques, met à profit des réactions à l'état solide. Pourtant, de telles réactions ont été longtemps peu étudiées et ce n'est que depuis un temps relativement court qu'on s'intéresse à elles. Il semble d'ailleurs qu'on veuille rattraper le temps perdu car le Congrès tenu à Göteborg, en 1952, sur la « Réactivité des solides », a comporté plus de cent communications sur ce sujet. Ce sont ces communications ainsi que les discussions auxquelles a donné lieu leur présentation que nous trouvons dans ces deux volumes. Elles montrent le domaine extrêmement étendu de ces réactions, qui intéressent la formation des minéraux et des minerais, la catalyse, l'industrie des ciments, celle des verres, des réfractaires et des céramiques, la métallurgie et plus spécialement le frittage.

Metallurgie des magnesiums, par Ch. L. Strelez, A. J. Taitz et B. S. Guljanitzkij. 1 vol. 17×25, 448 p., 135 fig., Verlag Technik, Berlin.

On connaît le développement rapide de l'industrie du magnésium et la place honorable occupée par ce métal dans la technique moderne ; on comprend donc l'intérêt que présente un ouvrage consacré à la métallurgie de cet élément et dans lequel les auteurs, après avoir étudié la question des matières premières, exposent les bases théoriques de la métallurgie du magnésium, décrivent avec soin les divers procédés d'obtention, par voie thermique et par voie électrolytique, indiquent les méthodes de raffinage et enfin les propriétés du métal. Cet ouvrage très bien présenté et élégamment illustré est la traduction en allemand de l'édition originale en russe parue en 1950.

Les échangeurs d'ions et leur utilisation dans l'industrie, par R. Eeckelaers. 1 vol. 16,5×25, 196 p., 53 fig. et nombreux tableaux. Eyrolles, Paris, 1955. Prix : 1 800 F.

L'auteur a conçu cet ouvrage comme une initiation à la chimie des échangeurs d'ions, destinée à attirer l'attention des industriels sur l'importance de ces produits qui trouvent de plus en plus d'applications dans l'industrie. A côté de considérations théoriques très réduites, on trouve donc traitée avec assez de détails la question de l'épuration des eaux par les échangeurs d'ions, puis exposées, en général assez rapidement, les principales applications de ces échangeurs. 600 références sont groupées en un index bibliographique que complète une table alphabétique des noms d'auteurs.

Lehrbuch der Organischen Chemie, par P. Karrer. 1 vol. 16×27, 949 p. 12ᵉ éd. mise à jour. Georg Thiem Verlag, Stuttgart, 1954. Prix : 59,7 DM.

Déjà traduit en français, anglais, italien, espagnol et même en japonais, l'ouvrage du professeur Karrer connaît sa 12ᵉ édition en langue allemande, ce qui dispense de longues considérations sur sa valeur scientifique et didactique. Insistons pourtant sur une particularité de cet excellent traité : contrairement à ce qui se passe pour d'autres ouvrages, les éditions les plus récentes n'ont guère plus de pages que la première : au lieu de se borner à ajouter les faits nouveaux les plus importants (ils sont nombreux en chimie organique), l'auteur prend la peine de refondre l'ensemble tout en le complétant ; certains chapitres moins importants voient leur longueur diminuer au profit des parties de l'ouvrage consacrées à des branches de la chimie organique en pleine expansion. L'ouvrage garde ainsi une parfaite homogénéité et conserve le caractère didactique qui a fait son succès.

Chimie et technologie des agents tensio-actifs, par A. M. Schwartz et J. W. Perry. 1 vol. 16×25, 600 p., 51 fig., 4 pl. Dunod, Paris, 1955. Prix, relié : 4 600 F.

Traduction d'un des meilleurs ouvrages américains sur les produits détergents, mouillants et émulsifiants dont l'importance industrielle et domestique va croissant. On étudie d'abord les réactions qui sont à l'origine des synthèses de laboratoire, ainsi que des fabrications industrielles des composés anioniques, du type des savons ordinaires, des composés cationiques, tels que les savons inversés, et des composés mixtes et non ioniques. Vient ensuite l'étude des principes fondamentaux de la physique et de la chimie des phénomènes superficiels donnant lieu aux emplois des agents tensio-actifs et à l'exposé des propriétés pratiques de ces derniers : moussage, détergence, émulsification, étalement, etc.

La troisième partie, la plus développée, traite des nombreuses applications : industries textiles, produits pharmaceutiques et domestiques, cosmétiques, blanchisseries, métallurgie, flottation des minerais, peintures et vernis, matériaux de construction, industrie du cuir, du pétrole, etc. Chaque chapitre comprend une abondante bibliographie.

Encyclopédie française des matières plastiques. Numéro spécial des *Industries des Plastiques modernes*. 1 vol. 24×30,5, 496 p. ill. Paris, 1955. Prix : 2 950 F.

Cet important ouvrage mérite bien son titre. Il est divisé en neuf parties qui, après les généralités, traitent des questions suivantes : matériaux de base ; matières plastiques diverses ; formes répandues de demi-produits ; essais et normalisation ; méthodes de transformation et leur matériel ; applications ; organismes professionnels ; répertoires. Chaque sujet est rédigé par un spécialiste. Les textes sont accompagnés de figures, de tableaux, de graphiques et de photos suivant les matières traitées. Documentation très complète qui tient compte des dernières acquisitions du domaine toujours en évolution des matières plastiques ; c'est également un répertoire de l'industrie française des plastiques.

Peintures, vernis, encres d'imprimerie, par G. Nedey. Tome I : 1 vol. 13,5×21, 229 p., 9 fig. Tome II : 1 vol. 13,5×21, 273 p., 59 fig. Presses Documentaires, Paris, 1955. Prix : les 2 vol., 2 500 F.

L'industrie des peintures n'est plus au stade empirique. Elle a largement profité des progrès de la chimie et de la physico-chimie et elle a trouvé dans le développement des matières plastiques une source de produits nouveaux qui ont étendu le champ de ses possibilités. Le présent ouvrage appartient à la série des Cours professionnels des industries de la chimie. Il a bénéficié de l'expérience de divers spécialistes. Le tome I est consacré aux matières premières et à leur contrôle, le tome II aux fabrications, aux applications et aux méthodes d'essais. Ouvrage utile aux ingénieurs, chimistes, techniciens et tous usagers.

Optische Messungen des Chemikers und des Mediziners, par Fritz Löwe. 1 vol. 15×22, 6ᵉ édit., xx-364 p., 141 fig. et nombreux tableaux. Theodor Steinkopff, Dresde, 1954. Prix, broché : 515 F ; relié : 613 F.

Le développement des méthodes physicochimiques a permis de mettre au point de nombreuses techniques analytiques, qui présentent généralement, par rapport aux méthodes purement chimiques, l'avantage d'être spécifiques, très précises et de ne pas détruire l'échantillon du produit examiné. L'idée de réunir dans un ouvrage les diverses méthodes optiques utilisées par les chimistes et les médecins a trouvé sa justification dans le succès rencontré par les cinq précédentes éditions. La présente édition tient compte des progrès effectués dans les divers domaines étudiés : spectroscopie, photométrie, réfractométrie, interférométrie.

Chemical Business Handbook, par John H. Perry. 1 vol. 19×26, 1942 p., 2 000 illustrations. McGraw-Hill, Londres, 1954. Prix, relié : 6 livres sterling.

On reconnaît de plus en plus qu'à côté de connaissances techniques, d'ailleurs chaque année plus vastes, un ingénieur doit posséder également une formation plus large, économique, sociale, etc. A moins de prolonger les études, il est nécessaire que l'ingénieur acquière en grande partie par lui-même cette formation. On peut savoir gré à John Perry, déjà auteur d'un formulaire technique de réputation mondiale, d'avoir su rassembler, grâce à la collaboration de très nombreux collaborateurs spécialisés, l'essentiel de ces connaissances, disons parachimiques, puisqu'il s'agit en fait de la formation des ingénieurs chimistes. On trouvera dans les vingt sections que comporte cet ouvrage, les éléments essentiels relatifs aux questions financières, commerciales, à l'organisation de la recherche, à la prospection des marchés, aux questions de transport, de personnel, de brevets, d'hygiène industrielle, et aussi à la manière de rédiger et de présenter un rapport, etc.

Uran, par E. Kohl. 1 vol. 16×25, 234 p., 23 fig., 35 tableaux. Ferdinand Enke, Stuttgart, 1954. Prix, broché : 26 DM ; relié : 29 DM.

Étant donné l'importance prise par l'uranium depuis l'ère atomique, la course aux minerais de cet élément est entrée dans une période fiévreuse et l'on conçoit que la présente collection intitulée *Les matières premières des métaux* consacre son dixième tome à ce métal. Après un rappel des propriétés de l'uranium, on étudie les diverses sources, le traitement des minerais, les utilisations, la situation mondiale du marché, les statistiques de production. Dans la seconde partie, l'auteur examine en détail les gisements d'uranium des divers pays. Ouvrage intéressant et bien présenté.

Les Cactées et plantes grasses, par P. Fournier, 2ᵉ édit. 1 vol. 11×13, 110 p., 134 fig., 81 planches dont 64 en coul. Paul Lechevalier, Paris, 1954. Prix, cartonné : 2 000 F.

Par leurs formes, qui répondent si peu à l'idée qu'on se fait d'une plante d'après celles qui nous sont familières, les Cactées réduisent au minimum les surfaces qu'elles offrent au rayonnement solaire. Par leur structure et leur physiologie, elles sont capables de retenir les rares molécules d'eau d'une atmosphère très sèche, et leur transpiration est presque nulle. Ces plantes ont donc pu coloniser des régions arides où aucune vie végétale ne pouvait prospérer d'emblée ; elles ont ainsi rendu possible une certaine vie animale et peu à peu créé un sol sur lequel d'autres plantes ont pu par la suite s'installer. Cactées et plantes grasses peuvent aussi s'acclimater dans nos demeures et nos jardins, au prix de quelques précautions. Ce petit livre, fort bien illustré, d'un de nos plus éminents botanistes est le meilleur guide que puissent trouver les amateurs pour connaître ces plantes, les cultiver, et les comprendre.

Précis d'Écologie animale, par F. S. Bodenheimer. 1 vol. 14×22,5, 315 p., 31 fig. Trad. par J. Théodoridès. Payot, Paris, 1955. Prix : 1 200 F

Il est extrêmement difficile de mettre de l'ordre dans un sujet aussi vaste et touffu que celui des rapports des êtres vivants entre eux et avec le milieu physique. L'auteur a eu le mérite de le diviser avec clarté, sans y apporter une rigueur exagérée et sans laisser oublier que la nature ignore les catégories que nous introduisons. On est à chaque instant averti que lorsqu'on cherche à définir les influences d'un facteur sur l'évolution d'un peuplement (température par exemple, ou bien action des parasites), il faut se demander si d'autres facteurs n'ont pas un rôle qui nous échappe. L'auteur n'a pas oublié non plus l'action que les animaux exercent sur les plantes, non seulement en s'y attaquant, mais par les substances qu'ils rejettent. L'Écologie ne peut se fonder que sur un état très avancé de la climatologie et de toutes les parties de la biologie, y compris la psychologie. L'écologiste, non seulement doit en être averti, mais quand il en est besoin, se faire lui-même climatologiste, systématicien, physiologiste, psychologue, sociologue, pour observer et expérimenter. C'est ce que fait le professeur à l'Université de Jérusalem dont ce livre résume la précieuse expérience et la vaste érudition.

Le gérant : F. Dunod. — Dunod, Éditeur, Paris. — Dépôt légal : 3ᵉ trimestre 1955, Nº 2736. — Imprimé en France.
Barnéoud Frères et Cie, Imprimeurs (310566), Laval. Nº 3195. — 8-1955.

Les Crapauds, les Grenouilles et quelques grands problèmes biologiques, par Jean Rostand. 1 vol. 13×20, 217 p., 66 fig. hors-texte. Gallimard, Paris, 1955. Prix : 750 F.

Le célèbre écrivain scientifique qui, en révélant la Génétique au public, l'a en même temps proposée à l'attention de bien des savants, est aussi un chercheur original : dans son petit laboratoire personnel, une somme d'observations et d'expériences s'est lentement accumulée qu'aucun spécialiste ne saurait plus négliger. J. Rostand a étudié divers problèmes de la reproduction et de l'hérédité sur les Batraciens Anoures. Il a réussi sur le Crapaud une expérience très difficile, le développement parthénogénétique de l'œuf, et il a obtenu des crapauds « sans père ». Il a aussi étudié de façon approfondie les anomalies spontanées des membres et leur mode d'apparition, et il croit pouvoir conclure qu'elles sont accidentelles, causées par quelque caractère du milieu, et non héréditaires. Il n'a pas été possible cependant d'en trouver la cause précise.

Typologie et pathologie de l'activité nerveuse supérieure, par I. P. Pavlov. 1 vol. 14×22, 272 p. Presses Universitaires de France, Paris, 1955. Prix : 1 000 F.

Tout au long de sa carrière, le grand physiologiste russe a fait connaître ses résultats et ses idées par des articles, des mémoires, des conférences qu'il a réunies en 1923 dans son ouvrage *Vingt ans d'expérience sur l'étude objective de l'activité nerveuse supérieure*, dont la 3ᵉ édition a été traduite en français sous le titre *Les réflexes conditionnels* (Alcan). L'ouvrage publié aujourd'hui nous apporte les nombreuses additions que comportaient les éditions russes qui se sont succédé jusqu'à la mort de Pavlov. Pavlov a découvert un petit nombre de faits, mais capitaux, et dont aucune physiologie ni psychologie ne saurait plus faire abstraction. En partant des réflexes conditionnés, dont il a étudié les nombreuses modalités, il a tenté d'expliquer le fonctionnement du cortex cérébral et ses relations avec les centres sous-jacents. Les expériences les plus intéressantes ici mentionnées sont celles qui mettent en évidence, chez les chiens, des tempéraments différents que Pavlov assimile à certains types humains et, chez les types extrêmes, l'aptitude aux névroses.

Aux confins de la vie, perspectives sur la biologie des virus, par P. Morand. 1 vol. 14×22, 171 p., 20 fig. Masson, Paris, 1955. Prix : 850 F.

Après avoir semblé douter de l'existence même des virus, qu'il qualifie d' « êtres de raison », l'auteur nous apprend tout ce qu'on sait de leur nature, et l'on s'étonne même d'en savoir déjà si long... Les plus simples, ceux qui attaquent les plantes, se rapprochent de nucléo-protéines à l'état pur ; ceux des animaux sont plus complexes : dans quelques-uns, on peut reconnaître une partie centrale, nucléoprotéique, et une partie périphérique bien distincte. Mais il ne s'agit pas de simples édifices chimiques : la structure laisse place à des variantes de détail et la liaison des diverses parties montre une souplesse analogue à celle qui caractérise toute matière vivante, sans que pour cela le virus perde sa spécificité, qui tient sans doute à la teneur et à la nature des acides aminés qui entrent dans la constitution de ses protéines. L'auteur discute aussi la question de savoir si les virus sont des êtres vivants. Mais qu'est-ce que la vie?

Un naturaliste autour du monde, par Roger Heim, membre de l'Institut. 1 vol. 13×20, 218 p., 41 photos hors-texte. Albin Michel, Paris, 1955. Prix : 690 F.

Botaniste et mycologue explorateur, phytopathologiste appelé à étudier sur place les maladies cryptogamiques qui déciment les cultures tropicales, Roger Heim, aujourd'hui directeur de notre Muséum national, n'a jamais borné là le profit de ses voyages. Chemin faisant, il a beaucoup regardé autour de lui, noté, photographié, et surtout réfléchi. C'est une partie de ces réflexions, qui portent sur toutes matières, depuis l'objet premier de ces déplacements, la protection des cultures, jusqu'aux grands problèmes qui touchent à la sauvegarde de la nature et de l'homme lui-même, que nous trouvons ici. Partout, Roger Heim a vu avec tristesse la beauté, la diversité du monde vivant se dégrader par une exploitation inintelligente. Lumineusement et courageusement, il dénonce des préjugés, des négligences, des égoïsmes. Sera-t-il écouté ?

Au service de l'agriculture congolaise. 1 vol. 13×21, 100 p., photos et cartes hors-texte. I.N.É.A.C., Bruxelles, 1954.

Plus généralement désigné par son monogramme « Inéac », l'Institut national pour l'étude agronomique du Congo belge publie un guide destiné à faire connaître ses buts, son programme, ses réalisations. L'Inéac est installé dans chacun des grands milieux écologiques du Congo et des territoires sous tutelle du Ruanda-Urundi et c'est plus particulièrement aux visiteurs de ces établissements africains que ce guide est destiné. On traite aussi de l'organisation générale de l'institut et de ses services métropolitains. Brochure claire et bien illustrée qui brosse un tableau très vivant de l'admirable activité de cette organisation belge. En annexe : tableau hiérarchique et nominal du personnel européen d'Afrique ; catalogue sommaire des plants et semences disponibles dans les stations ; liste des publications de l'institut, cartes schématiques (végétation, pédologie, climatologie) ; etc.

La Provence romaine. — Aux sources du Rhône, par Henri Lartilleux. 2 vol. 12×18, 96 p., dont 32 planches hors-texte. Centurion, Paris, 1954. Prix : 300 F le vol.

La nouvelle collection touristique inaugurée par les deux ouvrages de H. Lartilleux répondait à un besoin : donner une documentation précise, récente, illustrée (et remarquablement), à un prix raisonnable. Les paysages sont expliqués, les coutumes et le folklore commentés avec pertinence, des conseils de voyage présentés avec exactitude et humour. Chaque région ne couvre qu'un secteur assez restreint, ce qui permet à l'auteur d'approfondir son sujet à loisir. Le géographe, l'historien, le naturaliste, le touriste éclairé, le curieux trouveront là, chemin faisant, de multiples et intéressants renseignements.

Au pays des calvaires, par J. Monnier. — **L'Afrique du Sud,** par Agnès Ripaud. 2 vol. 12×18, 96 p., 32 planches hors-texte. Centurion, Paris, 1954. Prix : 300 F le vol.

Ces deux volumes sont aussi remarquablement illustrés et présentés que ceux d'H. Lartilleux analysés ci-dessus. J. Monnier nous entraîne en Bretagne finistérienne, tandis qu'Agnès Ripaud nous révèle le prodigieux visage de l'Afrique du Sud, terre d'or et de diamant. Le géographe, comme le touriste, apprécieront le style alerte et les belles illustrations qui caractérisent ces deux ouvrages.

Vermuyden and the Fens, par L. E. Harris. 1 vol. 18×24, 168 p., avec 8 planches h.-t. Cleaver-Hume Press, Londres, 1953. Prix : 21 sh.

The Fens, par Alan Bloom. 1 vol. 14×21, 325 p. et 25 illustr. h.-t. Robert Hale, Londres, 1953. Prix : 18 sh.

Le problème de la défense contre la mer et de la mise en valeur des polders trouve en Angleterre un vif intérêt ; les deux ouvrages ci-dessus apportent de nombreux et intéressants renseignements sur l'histoire et la géographie des polders britanniques, les Fens. L'ouvrage de L. E. Harris expose les difficultés de l'ingénieur hollandais Vermuyden, appelé au XVIIᵉ siècle par le duc de Bedford pour assécher le district encore nommé aujourd'hui *Bedford Level*. Le second ouvrage, dû à A. Bloom, est édité dans la série *Regional books* : c'est une étude complète, alertement menée, passionnante de bout en bout. Dans ces deux remarquables contributions à la connaissance du sol britannique, se perçoit l'amour des auteurs pour leur petite patrie : le Fenland, avec ses vastes champs découverts, ses digues surélevées, ses fermes blanches et noires au milieu des arbres, ses clochers de pierre surgissant de l'horizon immense, et le grand vent de la mer du Nord qui fait bruisser les peupliers.

Europe, a regional geography, par M. R. Shackleton. 1 vol. 14×21, 525 p., nombr. illustr. et cartes. Longmans, Londres, 1954. Prix : 27 sh. 6 d.

Cette 5ᵉ édition d'un ouvrage destiné aux étudiants des Universités constitue un remarquable outil de travail. Après des généralités physiques et humaines sur l'Europe, l'auteur étudie successivement le monde méditerranéen, l'Europe occidentale, les pays nordiques, l'Europe centrale, les Balkans, la Russie jusqu'à l'Oural. De bonnes photos et cartes, ainsi que des schémas utiles, agrémentent l'ouvrage. Malheureusement, tous les chiffres ne sont pas récents.

Clio en Épidaure, ou La médecine et l'humanisme chez les Anciens, par le Dʳ G. Barraud. 1 vol. 14×19, 288 p., 24 figures hors-texte. Sipuco, Paris, 1954. Prix : sur vélin, 800 F ; sur vergé à la forme : 1 200 F.

Cette vaste fresque va de la médecine préhistorique à la fin du XVIᵉ siècle. Plusieurs chapitres présentent les épidémies à travers les âges, la chirurgie, l'apport des Arabes, le rôle de maîtres comme Hippocrate, Galien, Avicenne, Fernel, Linacre, Vésale. D'autres, plus originaux, parlent de l'uroscopie médiévale ou des maladies vénériennes (le fameux « mal de Naples »). En bref, un excellent ouvrage d'humaniste, hors des sentiers battus. Il intéressera l'historien comme le médecin.

L'homme sans dogmes, par Marcel Guichard. 1 vol. 12×19, 144 p. Union rationaliste, Paris, 1954. Prix : 250 F.

L'auteur, professeur honoraire à la faculté des Sciences de Paris, oppose la connaissance positive et ses méthodes aux philosophies spiritualistes et aux religions innombrables. Ce n'est que par la science que l'on peut montrer aux hommes le chemin des vérités universelles. C'est sur elle que sera fondée, selon l'auteur, la morale de l'avenir.

Mémorial du progrès scientifique et technique 1954. 1 vol. 24×32, 446 p., 235 fig. Dunod, Paris, 1955. Prix : 4 000 F.

L'association pour l'utilisation et la diffusion de la Documentation a convoqué en 1954 à Paris un premier Congrès du Progrès scientifique et technique. Il avait pour objet d'attirer l'attention sur les avantages de ces progrès pour le relèvement du niveau de vie de tous et pour l'équilibre social et économique du monde ; de faire ressortir les conditions dans lesquelles peuvent être poursuivies de manière fructueuse les recherches de science pure et appliquée, solidaires d'une documentation fortement organisée ; envisager les modifications de structure que ces progrès provoquent dans les activités industrielles, administratives et commerciales. L'ouvrage, préfacé par M. Louis de Broglie, contient un ensemble de communications rédigées par des personnalités françaises et étrangères des plus marquantes. On y trouve des études sur les échanges internationaux, sur l'homme et le progrès scientifique et technique, et toute une série d'exemples de réalisations scientifiques et techiques.

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 3e TRIMESTRE 1955, No 2736. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, No 3195. — 8-1955.